

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-214514

(P2000-214514A)

(43)公開日 平成12年8月4日(2000.8.4)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G03B 9/02		G03B 9/02	E 2H042 D 2H080
G02B 5/00		G02B 5/00	A 2H083
G03B 11/04		G03B 11/04	

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全13頁)

(21)出願番号 特願平11-13527

(22)出願日 平成11年1月21日(1999.1.21)

(71)出願人 000001007

キャノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 金田 直也

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャ
ノン株式会社内

(74)代理人 100067541

弁理士 岸田 正行 (外2名)

Fターム(参考) 2H042 AA06 AA08 AA22

2H080 AA31 AA54 AA76 AA83 BB09

BB16 BB26 BB51

2H083 AA05 AA07 AA20 AA21 AA26

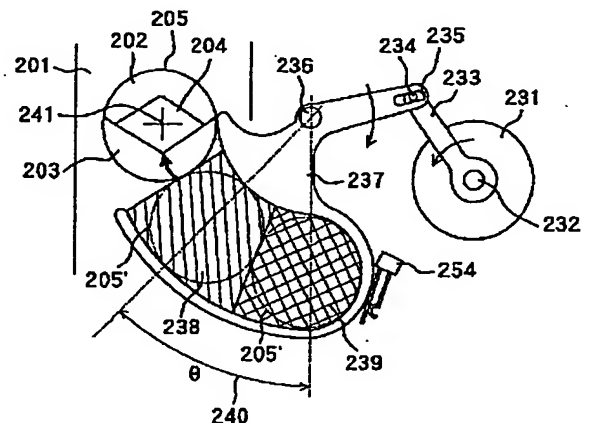
AA34 AA53

(54)【発明の名称】NDフィルター駆動装置、光量調節装置および撮像装置

(57)【要約】

【課題】上下シェーディングの防止まで考慮した光量調整を達成できるNDフィルター駆動装置を提供する。

【解決手段】駆動手段により光軸に略垂直な面内で有効光線内に出し入れ可能なNDフィルターを、複数の異なる透過率の領域を有し、有効光線外から有効光線内へ入る際には、最も透過率の高い領域238が最初に有効光線内に入る様に構成した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 駆動手段と、この駆動手段により光軸に略垂直な面内で有効光線内に出し入れ可能なNDフィルターとを有するNDフィルター駆動装置において、前記NDフィルターは、複数の異なる透過率の領域を有し、有効光線外から有効光線内へ入る際には、透過率の高い領域が最初に有効光線内に入る様に構成したことを特徴とするNDフィルター駆動装置。

【請求項2】 駆動手段と、この駆動手段により光軸に略垂直な面内で有効光線内に出し入れ可能なNDフィルターとを有するNDフィルター駆動装置において、前記NDフィルターは、複数の異なる透過率の領域を有し、有効光線外から有効光線内に入る際には透過率の高い領域が最初に有効光線内に入るように構成されていて、透過率の高い第1のNDフィルター領域は、それよりも透過率の低い第2のNDフィルター領域よりも面積を大きくしたことを特徴とするNDフィルター駆動装置。

【請求項3】 前記有効光線の内外に対する前記NDフィルターの位置を検出する検出手段を設けたことを特徴とする請求項1または2に記載のNDフィルター駆動装置。

【請求項4】 駆動手段により複数の光量調節部材を駆動して開口径を変とする光量調節機構と、駆動手段により光軸に略垂直な面内で有効光線内に出し入れ可能なNDフィルターを有する光量調節装置において、前記NDフィルターは、複数の異なる透過率の領域を有し、有効光線外から有効光線内へ入る際には、透過率の高い領域が最初に有効光線内に入る様に構成したことを特徴とする光量調節装置。

【請求項5】 駆動手段により複数の光量調節部材を駆動して開口径を変とする光量調節機構と、駆動手段により光軸に略垂直な面内で有効光線内に出し入れ可能なNDフィルターを有する光量調節装置において、前記NDフィルターは、複数の異なる透過率の領域を有し、有効光線外から有効光線内に入る際には透過率の高い領域が最初に有効光線内に入るように構成されていて、透過率の高い第1のNDフィルター領域は、それよりも透過率の低い第2のNDフィルター領域よりも面積を大きくしたことを特徴とする光量調節装置。

【請求項6】 前記光量調節部材による光量調節状態を検出する光量調節状態検出手段を有することを特徴とする請求項4または5記載の光量調節装置。

【請求項7】 前記有効光線の内外に対する前記NDフィルターの位置を検出する検出手段を設けたことを特徴とする請求項4または5記載の光量調節装置。

【請求項8】 前記光量調節部材による光量調節状態を検出する光量調節状態検出手段の検出情報と前記有効光線の内外に対する前記NDフィルターの位置を検出する検出手段との情報に基づいて、前記光量調節機構の駆動

手段と前記NDフィルターを駆動する駆動手段とを駆動制御する制御手段を有することを特徴とする請求項4または5記載の光量調節装置。

【請求項9】 請求項8記載の光量調節装置を有し、前記光量調節装置における光量調節機構とNDフィルターとを撮像光学系に配置したことを特徴とする撮像装置。

【請求項10】 前記制御手段は、前記光量調節部材が所定の開口径を越えて小径の開口径に移行する際、前記NDフィルターの駆動手段を駆動することを特徴とする請求項9記載の撮像装置。

【請求項11】 前記制御手段は、露出オーバー状態から最適露出を得るにあたり前記光量調節部材が所定のF値まで絞っても適正露出が得られない場合に初めてNDフィルターの駆動手段を駆動することを特徴とする請求項9記載の撮像装置。

【請求項12】 前記所定のF値は可変となることを特徴とする請求項11記載の撮像装置。

【請求項13】 前記制御手段は、前記光量調節部材と前記NDフィルターとを少なくとも一つ以上の所定の状態関係を保ちながら光量調整を行なうように前記光量調節部材の駆動手段と前記NDフィルターの駆動手段とを駆動制御することを特徴とする請求項9記載の撮像装置。

【請求項14】 前記所定の状態関係は、可変となることを特徴とする請求項13記載の撮像装置。

【請求項15】 前記制御手段は、少なくとも前記光量調節状態検出手段により検出される光量調節状態が開放もしくは第1の開口径から、該第1の開口径より小径の第2の開口径にある間では、前記NDフィルターを光路外の待避位置から第1のNDフィルターが絞り開口径を覆いきる範囲で駆動し、前記光量調節状態検出手段により検出される開口状態が前記第2の開口径から該第2の開口径より小径側にあると、前記NDフィルターを前記第2のフィルターが開口径に入る範囲も含めて駆動することを特徴とする請求項9記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はNDフィルター駆動装置、光量調節装置および撮像装置に係り、ビデオカメラ、デジタルカメラ等の撮像装置に用いる光量調節装置、特に光量調節部材とは別に設けたNDフィルターの駆動に関するものである。

【0002】

【従来の技術】CCD等の固体撮像素子を用いて動画もしくは静止画を記録する撮像装置としてのビデオカメラやデジタルスチルカメラにおいて、特に民生用機器の分野では、微細な半導体加工技術の進歩に伴い、所謂1/3インチ、1/4インチ、1/5インチと称する小型サイズの固体撮像素子が最も一般的に使われている。例えば、1/4インチと称するサイズは対角長が約4mmで

あり、約40万の画素数を有している。

【0003】これらのイメージサイズを、例えば135フィルムの対角長43mmと比較すると大幅に小さいことから、同じ画角のレンズでは、フィルムカメラのレンズに対して大幅な小型化が一般的には可能である。実際、1/4インチのCCDを用いたビデオカメラではズーム比が10といったズームレンズで、その全長が50mm程度まで小型化されている。

【0004】このような撮像装置に用いられるズームレンズの一般的な構成を図17に示す。

【0005】インナーフォーカスレンズのレンズタイプは種々知られているが、図17は4群構成からなり、最も後方のレンズ群をフォーカシングに用いる様な構成を示す。図17において、111は固定の前玉レンズ群、112はバリエーターレンズ群、113は固定のレンズ群、114はフォーカシング（コンベンセーター）のレンズ群である。

【0006】133は回り止め用の案内棒、134はバリエーターレンズ群112の送り棒、135は固定鏡筒、136は絞りユニット（ここでは紙面と直角に挿入されている）、137はフォーカスマーターであるところのステップモーター、138はステップモーター137の出力軸であり、フォーカシングのレンズ群114を移動する為のオネジ138aの加工が施されている。139はこのオネジ138aと噛み合うメネジ形成部分で、レンズ114の移動棒140と一体となっている。

【0007】141、142はレンズ114の案内棒、143は案内棒141、142を位置決めして押さえる為の後ろ板、144はリレーホルダー、145はズームモーター、146はズームモーター145の減速機ユニット、147、148は連動ギアであり、この連動ギア148はズームの送り棒134に固定されている。

【0008】次に動作について説明する。ステップモーター137が駆動すると、フォーカスレンズ114はネジ送りによって光軸方向に移動する。又、ズームモーター145が駆動すると、連動ギア147、148を介してねじ軸134が回転し、このねじ軸134と螺合するレンズ棒112aに保持されたバリエーター112が光軸方向に移動する。

【0009】尚、ズームモーターとして、上記したフォーカシングレンズと同様にステップモーターを用いても構わない。

【0010】又、図7の説明において、バリエーターレンズ群はDCモーター145を駆動源とし、その位置検出として、例えばバリエーター移動環に一体的に取り付けられたブラシを抵抗パターンが印刷された基板上を摺動するように構成されたボリュームエンコーダーで検出する。

【0011】なお、このような方法を用いずとも、フォーカス同様、その駆動源にステップモーターを用いて、リ

セット位置を基準としてステップモーターへの駆動入力パルス数を連続的にカウントし、レンズ群の絶対位置を知る方法を用いてもよい。

【0012】又、このようなステップモーター使用時の基準位置の検出にはフォトインタラプタを用いる方法がよく知られている。

【0013】更に、それぞれの可動レンズ群の駆動源としては上に記したギアヘッド付DCモーター、ステップモーターの他、ボイス・コイル型のものなども知られている。

【0014】次に、このようなズームレンズと、前述したCCD等の固体撮像素子を用いた撮像装置における光量調節方法について説明する。

【0015】図18は、この光量調節方法を説明するブロック構成図である。

【0016】201は光量調節装置で、例えば絞り装置である。202、203は光量調節部材としての絞り羽根、204は開口、205は地板に設けられた開放開口である。

【0017】206は出力軸210が固定されたローターマグネット（不図示）、ヨーク、ヨークに巻回されるコイルにより磁気回路を構成するメーター部等と称せられる駆動部、207は出力軸210に固定のアームレバー、208、209はアームレバー207と羽根の連動部である。

【0018】211はCCD等の固体撮像素子、212はアンプ回路、213はカメラ信号処理回路、214はレコーダー、215はゲート、216はゲート215の大きさや位置の可変手段、217はマニュアルスイッチ、218は平均輝度レベル算出回路である。

【0019】更に、219は撮像装置のモード切換スイッチ、220は逆光補正スイッチ、221はタイミングジェネレーター、222はCPU、223はCPU222内（又は外でも可）に設けられたメモリー、224はCCDドライブ回路で、この例では電荷蓄積時間（シャッター速度）の可変回路を含むものである。226は絞りエンコーダー、227は絞り駆動回路である。

【0020】以上において、CCD211上に結像した被写体の像は、その明るさの強弱に応じた画素毎の電荷量として、電気信号に変換され、アンプ回路212で増幅された後、カメラ信号処理回路213で所定のガンマ補正等の処理を施される。尚この処理は、A/D変換後のデジタル信号処理で行なわれてもよい。

【0021】この様にして作られた映像信号はレコーダー214にて記録される。

【0022】又、この映像信号のうちコントラスト信号（Y信号）は別途ゲート215によって、画面内所定位置（例えば画面中心の小領域）のコントラスト信号だけが取り出され、平均輝度レベル算出回路218にて、この取り出されたコントラスト信号の平均値が算出され

る。算出された平均値はCPU222に取り込まれる。

【0023】217はこのゲート215の大きさに関連して、撮影者が切換え可能なマニュアルスイッチであり、例えば、中央重点とかスポットとかの測定エリア指定を可能にしている。これらのエリア指定結果又は、CPU222が判断したエリア指定結果に基き、大きさ位置可変手段216はゲート215の位置、大きさの変更を可能としている。勿論、位置可変手段216、マニュアルスイッチ217は必ずしも必要ではない。

【0024】CPU222では、取り込まれた平均輝度の大きさが自身内にメモリーされている適正露出に相当する数値と一致しているかどうかを算出し、差のある場合はその差分の符号と絶対値に応じて、絞り開口を変化させ、もしくは、CCD211への電荷蓄積時間を変化させることになる。

【0025】絞りを動かす場合には、絞り駆動回路227により、電磁式メーターのコイルに電流を流すと出力軸210とアームレバー207が回動する。このレバー先端でアーム側のピンと羽根203、202の先端部の溝が嵌合しているので、レバー207の回動により、2枚の羽根202、203は、上下にスライドする。これにより、開口204の大きさが変化する。

【0026】この様に絞り開口面積あるいは電荷蓄積時間を変化させて前述の平均輝度レベルが所定値となる様にすることにより、最適の露出を得ることが出来る。

【0027】ここで、カメラモードSw219では、ポートレートモードやグリーンモード（自動露出モード）などの撮影モード選択を行うもので、これにより撮影者の作画意図に応じて、同一の被写体でも、絞り値とシャッター速度の組合せがその意図に沿った形で選択される。この為の露出プログラムの所謂「プログラム線図」はメモリ223内に複数記憶される。又、逆光補正スイッチ220が操作されると、平均輝度レベルの所定値を2〜3段分、高めに変更するなどの処理が行なわれる。

【0028】ここで上述のメモリ223に記憶される絞りシャッターの組合せを定めるに際し、以下の①、②、③の3つの制約条件が生じている。

【0029】① 標準テレビフォーマット（日本ではNTSC）に準ずると、一般的には電荷蓄積時間を1/60秒より遅くすることは出来ない。

【0030】② 動画として、動く被写体に異和感のないなめらかな動作を記録するには、あまり高速なシャッター速度の設定（短い電荷蓄積時間の設定）は行なえない。目安として1/250秒。

【0031】即ち上記①〜②でシャッター速度では2段分程度しか露出調整が行なえない。更に制約条件として、

③ 1/3インチでF16、1/4インチでF11程度より小絞り（絞り値が小さい）側のF値とすると、絞り開口径が小さくなる為に回折による結像性能の低下が発

生ずる。図19はイメージとしてこの様子を説明する図である。

【0032】図17において、横軸には絞りのFNo、縦軸には結像性能としてのMTFを示している。MTFは被写体の有するコントラストが結像した面上で、どの程度維持されるかを示す数値で、値が高い程好ましい。実際には空間周波数に応じて値は変化する。

【0033】開放のMTFは、絞りを絞るとやや改善する。これは例えば球面収差が、絞りを絞ることで改善されたことを反映する。しかも、絞り値が上述した小絞りによる回折を起こす値(F_{11})を越えると、この影響によりMTFが低下する。

【0034】この F_{11} より明るい側でのみしか絞り制御が出来ない場合、開放F1.4程度のレンズでは、画面サイズにもよるが6段程度の光量調整しかできない。

【0035】従って、絞りとシャッターで8段分程度の光量調節しか出来ない訳で、段数として不十分である。

【0036】このことから、実際の撮像装置では、絞りの羽根にNDフィルターを一体的に貼り付けていることが多い。図20(A)〜(D)は、羽根203にNDフィルター230を貼り付けた場合で開放(A)からNDフィルターが開口径全てを覆う状態(D)迄の開口の様子を示している。ND濃度が透過光量を $(1/2)^1 = 1/8$ 、即ち3段分に落とす濃度であったとすると、上述の $8+3=11$ より、実用上の被写体の明るさの範囲での光量調整の達成が可能となる。

【0037】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これにも以下の様な問題があった。

【0038】・ND濃度を増すと上下（開口のNDフィルターの閉める下部分と、NDフィルターの無い上部分との上下部分）の輝度のシェーディングが発生し、均一輝度の被写体でも均一輝度に記録されないことがある。

【0039】・ボケ味として、絞りの形の中にNDフィルターの形が見えて、品位に乏しい。

【0040】・更なるCCDの小型化高密度下に伴い、上述 F_{11} の値がF8とかF5.6まで明るくなって来る場合に、現状の方法だと十分な光量調整の範囲が得られない。

【0041】この為、この様に羽根に貼るのではなく、全く別途に、NDフィルターを光路に出し入れ可能に設け、絞り値と F_{11} の比較に基いてCPUがEVF（電子ビューファインダ）等にNDフィルターの出し入れを指示し、撮影者がNDフィルターの出し入れ操作を行うという方法もよく知られているが、出し入れ操作が繁雑であつたり出し入れの瞬間から、再び適正露出が得られるまでの間に撮影の連続性が途切れるという問題が生じた。

【0042】更に本出願人は、この問題を解決する目的で、絞り装置とNDフィルター装置の間に、CPUによ

って制御される所定の連動関係を維持することで、上記の連続性の確保やボケ味の確保を達成している。

【0043】しかし、この方法でも、NDフィルターの濃度が濃く、そのNDフィルターが開口の半分覆っている様な状態での撮影が行なわれると、前述の輝度シェーディングの問題は回避できにくい。なお、回避する為にNDフィルターの濃度を薄くすると、十分な光量調整の段数が得られなくなる。

【0044】図21は図18のメモリ223のプログラム線図の一例を示す。実線で示すプログラム線図では、まず1/60secのシャッタ速度（電荷蓄積時間）を維持し、絞りがF₁₁に達したら1/250secまでシャッタ速度を上げ、それでも露出オーバーの場合は、やむなく（小絞り回折は起きるが）更に小絞りをを使うものである。

【0045】一方、2点鎖線で示すプログラム線図は、極力被写界深度を浅くしたい場合の例で、開放から最初にシャッタを1/250secまで上げている。

【0046】動画としての異和感の出ない様な撮影シーンで、極力絞りを開放にしたい様な場合には破線で示すプログラム線図でも構わない。

【0047】本出願にかかわる発明の目的は、この上下シェーディングの防止まで考慮した光量調整を達成できるNDフィルター駆動装置、光量調節装置および撮像装置を提供しようとするものである。

【0048】

【課題を解決するための手段】本出願に係る発明の目的を実現するNDフィルター駆動装置の第1の構成は、駆動手段と、この駆動手段により光軸に略垂直な面内で有効光線内に出し入れ可能なNDフィルターとを有するNDフィルター駆動装置において、前記NDフィルターは、複数の異なる透過率の領域を有し、有効光線外から有効光線内へ入る際には、透過率の高い領域が最初に有効光線内に入る様に構成したものである。

【0049】本出願に係る発明の目的を実現するNDフィルター駆動装置の第2の構成は、駆動手段と、この駆動手段により光軸に略垂直な面内で有効光線内に出し入れ可能なNDフィルターとを有するNDフィルター駆動装置において、前記NDフィルターは、複数の異なる透過率の領域を有し、有効光線外から有効光線内に入る際には透過率の高い領域が最初に有効光線内に入るように構成されていて、透過率の高い第1のNDフィルター領域は、それよりも透過率の低い第2のNDフィルター領域よりも面積を大きくしたものである。

【0050】本出願に係る発明の目的を実現するNDフィルター駆動装置の第3の構成は、上記した第1または第2の構成において、前記有効光線の内外に対する前記NDフィルターの位置を検出する検出手段を設けたものである。

【0051】本出願に係る発明の目的を実現する光量調

節装置の第1の構成は、駆動手段により複数の光量調節部材を駆動して開口径を可変とする光量調節機構と、駆動手段により光軸に略垂直な面内で有効光線内に出し入れ可能なNDフィルターを有する光量調節装置において、前記NDフィルターは、複数の異なる透過率の領域を有し、有効光線外から有効光線内へ入る際には、透過率の高い領域が最初に有効光線内に入る様に構成したものである。

【0052】本出願に係る発明の目的を実現する光量調節装置の第2の構成は、駆動手段により複数の光量調節部材を駆動して開口径を可変とする光量調節機構と、駆動手段により光軸に略垂直な面内で有効光線内に出し入れ可能なNDフィルターを有する光量調節装置において、前記NDフィルターは、複数の異なる透過率の領域を有し、有効光線外から有効光線内に入る際には透過率の高い領域が最初に有効光線内に入るように構成されていて、透過率の高い第1のNDフィルター領域は、それよりも透過率の低い第2のNDフィルター領域よりも面積を大きくしたものである。

【0053】本出願に係る発明の目的を実現する光量調節装置の第3の構成は、上記した光量調節装置の第1または第2の構成において、前記光量調節部材による光量調節状態を検出する光量調節状態検出手段を有するものである。

【0054】本出願に係る発明の目的を実現する光量調節装置の第4の構成は、上記した光量調節装置の第1または第2の構成において、前記有効光線の内外に対する前記NDフィルターの位置を検出する検出手段を設けたものである。

【0055】本出願に係る発明の目的を実現する光量調節装置の第5の構成は、上記した光量調節装置の第1または第2の構成において、前記光量調節部材による光量調節状態を検出する光量調節状態検出手段の検出情報と前記有効光線の内外に対する前記NDフィルターの位置を検出する検出手段との情報に基づいて、前記光量調節機構の駆動手段と前記NDフィルターを駆動する駆動手段とを駆動制御する制御手段を有するものである。

【0056】本出願に係る発明の目的を実現する撮像装置の第1の構成は、上記した第5の構成の光量調節装置を有し、前記光量調節装置における光量調節機構とNDフィルターとを撮像光学系に配置したものである。

【0057】本出願に係る発明の目的を実現する撮像装置の第2の構成は、上記した撮像装置の第1の構成において、前記制御手段は、前記光量調節部材が所定の開口径を越えて小径の開口径に移行する際、前記NDフィルターの駆動手段を駆動するものである。

【0058】本出願に係る発明の目的を実現する撮像装置の第3の構成は、上記した撮像装置の第1の構成において、前記制御手段は、露出オーバー状態から最適露出を得るにあたり前記光量調節部材が所定のF値まで絞つ

ても適正露出が得られない場合に初めてNDフィルターの駆動手段を駆動するようにしたものである。

【0059】本出願に係る発明の目的を実現する撮像装置の第4の構成は、上記した撮像装置の第3の構成において、前記所定のF値は可変となるようにしたものである。

【0060】本出願に係る発明の目的を実現する撮像装置の第5の構成は、上記した撮像装置の第1の構成において、前記制御手段は、前記光量調節部材と前記NDフィルターとを少なくとも一つ以上の所定の状態関係を保持しながら光量調整を行なうように前記光量調節部材の駆動手段と前記NDフィルターの駆動手段とを駆動制御するものである。

【0061】本出願に係る発明の目的を実現する撮像装置の第6の構成は、上記した撮像装置の第5の構成において、前記所定の状態関係は、可変となるようにしたものである。

【0062】本出願に係る発明の目的を実現する撮像装置の第7の構成は、上記した撮像装置の第1の構成において、前記制御手段は、少なくとも前記光量調節状態検出手段により検出される光量調節状態が開放もしくは第1の開口径から、該第1の開口径より小径の第2の開口径にある間では、前記NDフィルターを光路外の待避位置から第1のNDフィルターが絞り開口径を覆いきる範囲で駆動し、前記光量調節状態検出手段により検出される開口状態が前記第2の開口径から該第2の開口径より小径側にあると、前記NDフィルターを前記第2のフィルターが開口径に入る範囲も含めて駆動するようにしたものである。

【0063】

【発明の実施の形態】（第1の実施の形態）図1及び図2は本発明の第1の発明の実施の形態を示す。

【0064】図1においては、NDフィルターは光路外に退避している。図1において、図18に示す部材と同一の機能を有する部材には同一の符号を付している。

【0065】238と239は、それぞれ異なる濃度（透過率）のNDフィルターであり、238は比較的濃度の薄い（透過率の大きい）フィルター、239は238に比べ濃度の濃い（透過率の小さい）フィルターである。

【0066】これらのNDフィルター238、239は、ガラス製の他に、フィルム製としたものでもよい。

【0067】また、一つの濃度のフィルター材料をフィルター238と239の位置に配置し、一方のNDフィルター238をこの共通のフィルター材料のみで構成し、他方のフィルター239をこの一つの濃度のフィルター材料さらに重ね合わせて用いても良いし、NDフィルターの製造に際し、フィルター238とフィルター239とを2つの異なる濃度となる様に製造しても良い。ここで、フィルター238、フィルター239とも絞りの開放径205を完全に覆うことの可能な面積を有する

様に構成している。

【0068】231はNDフィルターの駆動手段であるところのメーター部、232はメーターの出力軸、233は連動レバー、234はレバー先端のピン、235はNDフィルターを保持する枠部材237の作動部に形成された長溝、236は枠部材237の回転中心を示している。

【0069】図1および図3において、254は第1リーフスイッチで、NDフィルター238と239を共に不使用とする枠部材237が図1に示す位置にある場合、枠部材237に押されてオンされる。また、図3に示すように、一方のNDフィルター238が光路中に侵入して開口241を覆う位置に停止した場合、第1リーフスイッチ254と、図3に示す第2リーフスイッチ255とは枠部材237と共に非接触状態にあり、オフとなる。

【0070】さらに、枠部材237が回動して他方のフィルター239が開口241を覆う位置に達すると、枠部材237により押されて第2のリーフスイッチ255がオンとなる。

【0071】すなわち、第1リーフスイッチ254がオンで第2リーフスイッチがオフの場合は、NDフィルターの不使用状態を示し、第1リーフスイッチ254と第2リーフスイッチ255が共にオフの場合は薄い方の一方のNDフィルター238の使用状態を示し、第1のリーフスイッチ254がオフで第2のリーフスイッチ255がオンの場合は濃い方の他方のNDフィルター239の使用状態を示すことになる。

【0072】今、メーター231の出力軸232が矢印の左回りに回転したとすると、レバー233も矢印方向に回動する。この動きに伴い枠部材237は、長溝235とピン234により連動することにより、回転中心236回りに、矢印の方向に回動する。

【0073】この結果、NDフィルター238と239が光路内に矢印方向に挿入されて行くものである。

【0074】図2は、図1で示したNDフィルター駆動装置がズームレンズ内に配置されている場合の概略を示す図である。

【0075】111~114の各レンズ群は、図17にて説明した各群を示している。211はCCD、絞り装置（202、203、206）と、NDフィルター駆動装置（231、237）であり、共に光軸241に垂直な平面内で動作する構成となっている。図3は図1の状態から一方のNDフィルター238部が開放径を完全に覆う位置迄枠部材237が回動した状態を示している。

【0076】更に回動すれば他方のNDフィルター239が開放径にかかり出し、最後は覆い切る状態となることは言うまでもない。

【0077】本実施の形態において、例えば一方のNDフィルター238が透過光量を開放の1.5段（光量1

／2.8)とし、他方のNDフィルター239が開放の3段(光量1/8)となる濃度とすることにより、他方のNDフィルター239と同一濃度の唯一のNDフィルターが光路に出し入れされる場合に比較して、シェーディングの影響が大幅に改善出来る。

【0078】図4は本発明を実施する場合の制御ブロック構成図を示している。図18で示した従来のこれらの装置に於るブロック構成に対し、CPU222がNDメーター駆動回路241を介し、NDフィルター駆動用のアクチュエーター231(図1のメーター231)の動作をコントロールしている。又251はNDフィルターが図1の様に完全に抜けている状態を検知するスイッチである。261は他方のNDフィルター239迄が完全に入るとオンするスイッチである。

【0079】図5は、この実施の形態における露出コントロールの方法を示している。

【0080】図に於て、軸242は、シャッター速度(CCDの電荷蓄積時間)を示す。ここでは最も遅いシャッター速度(点245)を1/60秒としている。

【0081】軸243は絞り状態を示す。点245が絞り開放で、図で左下に伸びる方向が絞り開口径が小さくなる(小絞りになる)。

【0082】軸244がNDフィルターの光路へ入る状態を示す。途中「238IN」「239IN」がそれぞれの濃度のフィルター(濃度の薄い一方のフィルター238と、濃度の濃い他方のフィルター239)が完全にその時の開口径を覆う位置を示している。(但し、その時の開口径はF値により異なる。ここでは以降の説明を簡単にする為に、小絞り時の回折による画像劣化を発生しない範囲での最も小絞りなF値としてF₁₁を定め、このF₁₁で得られる開口径に対して、それぞれのNDが覆い切る位置を「238IN」「239IN」として示すこととする。

【0083】このグラフ上、最も透過光量を多くできる(最も暗い被写体に適した)のは点245であり、絞り開放、1/60秒でNDフィルターが入っていない。なお、図4、図18のブロック図上は表現されていないが、点245でも適正露出を得られない場合には、Amp回路212で、通常を上回る増幅(ゲインアップ)を行なう場合もある。

【0084】この図では太線を動いて露出コントロールするとする。尚、この太線のつなぎ方はこの限りではない。

【0085】まず、点245から、絞りのみを動かして露出コントロールを行う。点245～点246で示す範囲において、絞りは、開放～F₁₁の間で制御される。

【0086】F₁₁以上絞ると、上述の様に小絞り時の画像劣化が発生するので、これを避ける為、より透過光量を少なくする為に点246～点247まではNDメーター231を動かす。この間において、区間Aの間は、ND

フィルターの空走期間(NDフィルターが有効光路にかけ始める迄の期間)となる。

【0087】なお、この空走を避ける為に、点245から点250をつなぐ様に、線分249を点245～点246間と異って設定しても良いが、この場合には、NDフィルターの入り具合の位置制御を行う必要があるのて、この点については本実施の形態以降の実施の形態において説明する。

【0088】そして、点247に至った後、シャッター速度を1/250秒まで高速化し点248に至るものである。

【0089】図6、図7は第1実施の形態の動作を示すフローチャートである。

【0090】261でスタートする。ステップ263で最適露出にあるかをチェックする。最適露出にない場合、ステップ264で、露出オーバーかアンダーかが検知されるオーバーであればステップ265にアンダーであれば、図7のステップ269に至る。オーバーの場合、ステップ265で、その時のF値がF₁₁より開放側であるかどうかをチェックする。開放側であれば、図5の点245～246の間であるので、ステップ266にて絞りを小絞り側へ駆動する。尚、図5でいう点245～246の範囲にあることをより確実に確認するには、このフローチャートでは省いたがND-OUT状態を検出する図1に示す第1リーフスイッチ254が確実にONしていることを確認しても構わない。

【0091】ステップ265がNの場合、図5でいう点246～247、247～248、248～小絞りの、どこかにあることとなる。そこでステップ267で、NDINスイッチである第2リーフスイッチ255の状態を検出する。

【0092】NDフィルターが入り切ってなければ、ステップ268で、NDメーターをIN側に駆動する。

又、NDフィルターが既に濃い濃度の他方のNDフィルター239まで完全に入り切った場合、ステップ267の判定はYとなり、ステップ274でシャッター秒時が1/250秒を越えないことをモニターしながら、ステップ275でシャッター秒時を高速化するものである。

【0093】ステップ274でシャッターが1/250secに達しても適正露出とならない時には、ステップ266にて、小絞りによる像劣化を犠牲にしても、適正露出を得るべくより絞りを絞る。

【0094】図7は露出アンダーの場合のフローチャートを示し、上述図6のフローをほぼ逆にたどればよい。すなわち、ステップ270で現在のF値がF₁₁よりも開放側であると判断すると、絞りをより開放側に駆動し、図6のステップ262に戻る。また、現在のF値がF₁₁よりも大きいと判断すると、ステップ272において、第2リーフスイッチ255がオンしているか否かを検知し、オフであれば、薄い方の一方のNDフィルター23

8が光路中に存在していると判断し、このNDフィルターを光路から退避させるようにNDメーターを駆動して図7のステップ26に戻る。

【0095】また、ステップ272において、第2リーフスイッチ255がオンであると判断すると、濃い他方のNDフィルター239が光路中に存在しているので、ステップ276でシャッター秒時が1/60よりも大きいかなかを判断する。

【0096】ステップ276でシャッター秒時が1/60であると判断されると、ステップ271において絞りを開放側へ駆動し、シャッター秒時が1すら60でないと判断されると、ステップ277でシャッター秒時を下げ、図6のステップ262に戻る。

【0097】ところで、図5で示した太線は、開放、1/60sec、ND OUT状態点245から順に絞り→NDフィルター→シャッター秒時→絞りの順に透過光量を制限する手段を動作させたが、この順序は、カメラモード設定に基いて入れかえても構わない。図4にて、カメラモードSw219が、極力被写界深度を浅くする様な（例えばポートレートモード）撮影意図を反映して、これを受けて、上記順序をシャッター→NDフィルター→絞りという様に切り換えるものである。

【0098】尚、ND INもしくはOUTの検出スイッチはリーフスイッチの他、フォトインタラプタ等を用いても構わない。又、本実施の形態においては、図1および図3に示すように回転するNDフィルターを示したが、スライド駆動する様な構成でも構わない。

【0099】（第2の実施の形態）図8、図9は本発明の第2の実施の形態を示す。

【0100】本発明第1実施の形態では、NDフィルターの有効光路への出し入れの状態はNDフィルター239がINした状態を図3に示すように第2リーフスイッチ255により、NDフィルター238がOUTした状態を図1に示すように第1のリーフスイッチ254で検出するのみであった。

【0101】第2実施の形態では、NDフィルターの回転角度を絶対位置として検知可能なエンコード手段（NDエンコーダー）を有することを特徴とする。

【0102】図8において、ブロック278として、上述のNDメーターの絶対位置情報が検出されるNDエンコーダーが設けられ、この検出結果がCPU222に取り込まれるものである。この場合、CPU222内のメモリー手段223には、NDメーターと絞りメーターの様々な連動関連を記憶しておき、この記憶データに基いて2つのメーターを連動することが可能となるものである。

【0103】このNDエンコーダーとしては、従来公知の絞りエンコーダー手段と同様、ND駆動源であるメーター内に設けたホール素子により、ローターマグネットのN極S極境界近傍の磁束の変化を検出する方法の他、

この駆動源をメーターではなく、ステップモーター駆動とし、基準位置からのステップモーターへの駆動入力パルスを継続的にカウントする方法等様々な方法が考えられる。

【0104】この様な構成は、図5の一点鎖線249の様に、図5の空走区間Aを除外する様な連動状態をメモリー223に作っていくことで可能とできる。

【0105】図9は、この様な連動関係のいくつかの例を示している点245より249と279と280及び281の実線で結んだ方法は、第1実施の形態の図5と同じく、点245より、絞り→NDフィルター→シャッター→絞りをを用いて光量制御を行うこと同様であるが、実線249の範囲で、開放→F₁₁までの各絞り開口径に合わせて、NDメーターを絞り開口径にはかからない範囲で、極力絞り開口径に近接した位置で待機させておくことができる。

【0106】従って、図5の「空走区間A」を除外することができる。

【0107】また、一点鎖線283は、シャッター秒時が[1/60]、絞りが開放で、薄いNDフィルター238と濃いNDフィルター239の両方が光路外に退避している状態から、シャッター秒時が[1/60]、絞り値がF₁₁で、濃いNDフィルター239が光路内に侵入する状態、即ち点245～247の間を、絞りとNDフィルターの両方に所定の連動を行なわせる場合である。

【0108】次に、破線で示すプログラムは、符号284で示す開放寄りの部分はきれいなボケ味を得る目的でNDフィルターは光路に侵入させず、その後、符号285で示す部分において絞りとNDフィルターとを連動させる。この場合符号284で示す部分を符号249で示す部分と重ねてもよい。

【0109】更に、実線300で示すプログラムは、シャッター秒時も含め、絞りとNDフィルターについて所定の連動を行わせるように、点245と点248を直接結ぶ場合である。

【0110】これらは目的、効果に合わせ、カメラのモード状態によって切換えても構わない。又、第1実施の形態も含めF₁₁の値そのものを必要により変更しても構わない。さらに、F₁₁の値は、記録画質の品位によって変更しても構わない。

（第3の実施の形態）図10および図11は第3の実施の形態を示す。

【0111】第3の実施の形態では、前記第1、第2の実施の形態に対し、NDフィルター駆動機構の小型化を実現するもので、図10に示すように、濃度の薄いNDフィルター238は開放径205より開口径の小さい開口径290を覆い切る面積を有し、また濃度の濃いNDフィルター239は前記開口径290より開口径の小さい開口径291を覆い切る面積を有している。

【0112】したがって、本実施の形態によれば、図1

0より明らかな様に、NDフィルターの回転角を小さく出来る。又、この為図10では図1、図3と同じ寸法で書いてはあるが、連動するレバー部の小型化も可能となる。

【0113】又、図10ではNDフィルター238が開口径290を、NDフィルター239が開口径291（開口径290より小径）を覆うようにしたが、NDフィルター238と239が同じ開口径290を覆い切る様に構成したり、NDフィルター238は開放径を覆うようにしたまま、NDフィルター239が開放径より小径の開口径（小絞り）を覆うように設定しても構わない。

【0114】なお、第1実施の形態でも述べた様に、このNDフィルター駆動装置は、NDフィルターを回転軸を中心に回転させず、スライド動作するものでもよい。

【0115】図11は、図10に示すNDフィルター駆動装置と絞り装置との連動関係を示している。

【0116】NDフィルター238が絞りF5.6を、またNDフィルター239は絞りF11を覆い切る設定になっているとすると、図11に示すように、絞りとNDフィルターが符号292、293、294、295、296で示す連動関係となる様に制御する。

【0117】これにより、NDフィルターの枠部材が、開口径を覆う様な不具合が除外される。又、第2実施の形態と同様、「空走区間A」を除外するには、一点鎖線297、298の様にしても構わない。

【0118】尚、これらの実施の形態での絞りは全て羽根2枚よりなる例で示したが、5枚以上の羽根による所謂虹彩絞りでも構わないのは言うまでもない。

【0119】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、CCD等を用いた撮像装置で小絞り回折なく、かつ、NDフィルターによる上下シェーディング等の程度を大幅に改善しながら、撮影の連続性確保や開放ボケ味の確保を可能とし、又、カメラのモードに応じた最適な露光制御を達成する。

【0120】更にその小型化をも可能としている。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に適したNDフィルター駆動装置

【図2】本発明の第1の実施の形態のNDフィルター駆動装置のズームレンズ内の概略配置図

【図3】本発明の第1の実施の形態のNDフィルター駆動装置の動作状態を示す図

【図4】本発明の第1の実施の形態のNDフィルター駆動装置のブロック図

【図5】本発明の第1の実施の形態のNDフィルター駆動装置の露出補正動作グラフ

【図6】本発明の第1の実施の形態のNDフィルター駆動装置のフローチャート

【図7】本発明の第1の実施の形態のNDフィルター駆動装置のフローチャート

【図8】本発明の第2の実施の形態のブロック図

【図9】本発明の第2の実施の形態の露出補正動作グラフ

【図10】本発明の第3の実施の形態に適したNDフィルター駆動装置

【図11】本発明の第3の実施の形態の露出補正動作グラフ

【図12】従来のズームレンズの構成図

【図13】従来の撮像装置の露出制御に関するブロック図

【図14】絞りとMTFの関係図

【図15】絞りとNDの従来例

【図16】絞りとシャッターの組合せによる露出制御の従来例

【符号の説明】

231 ND駆動源

205 開放径

238 NDフィルター

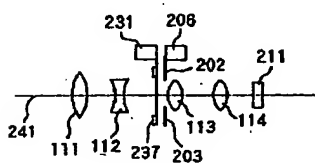
239 NDフィルター238より濃度の濃いNDフィルター

222 CPU

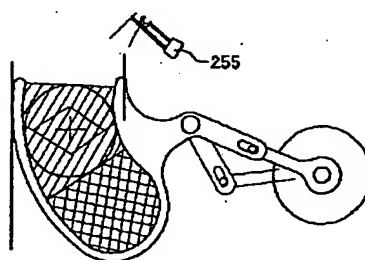
223 NDと絞りの連動関係のメモリー

278 NDエンコーダー

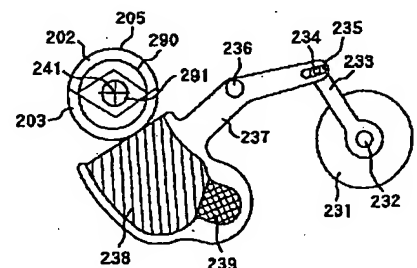
【図2】



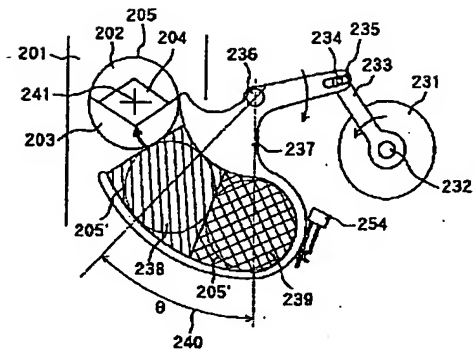
【図3】



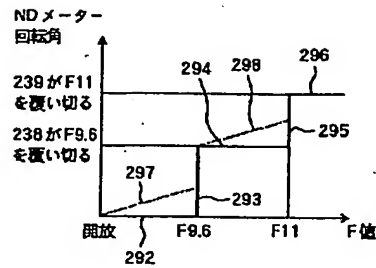
【図10】



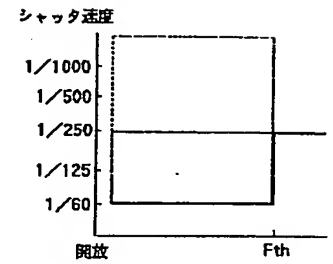
【図1】



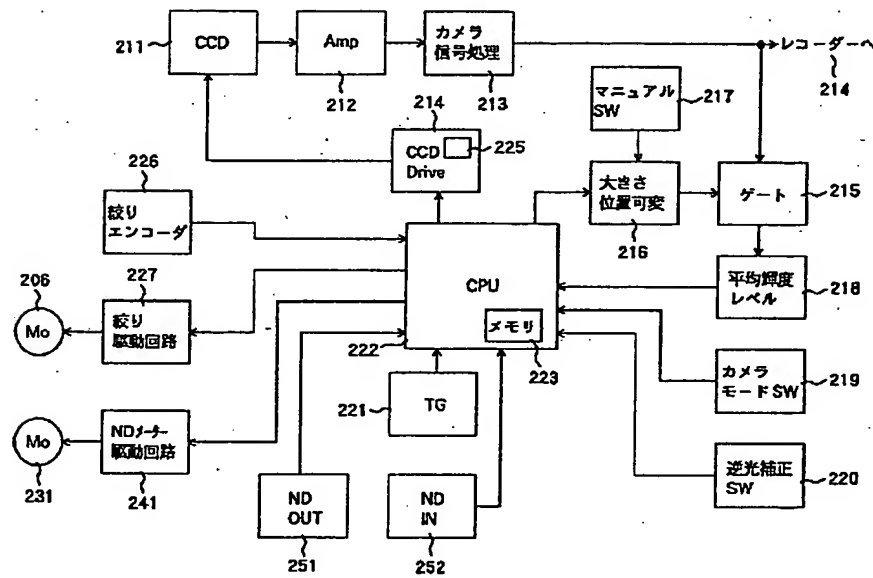
【図11】



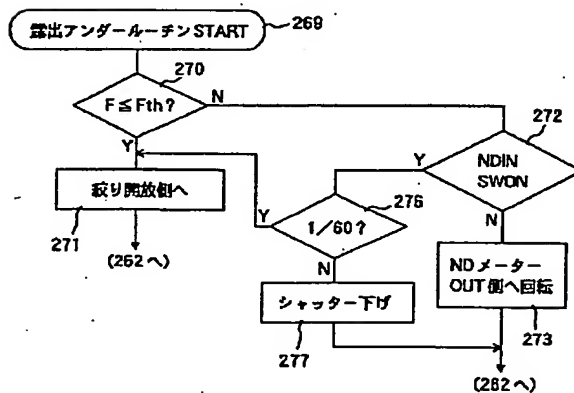
【図16】



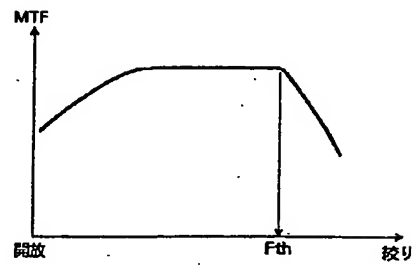
【図4】



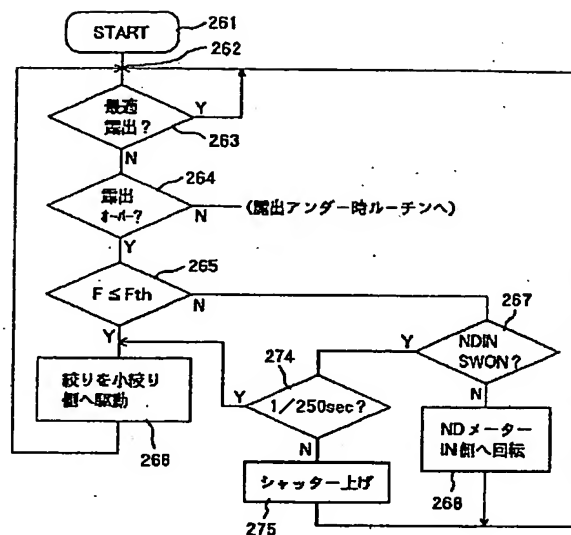
【図7】



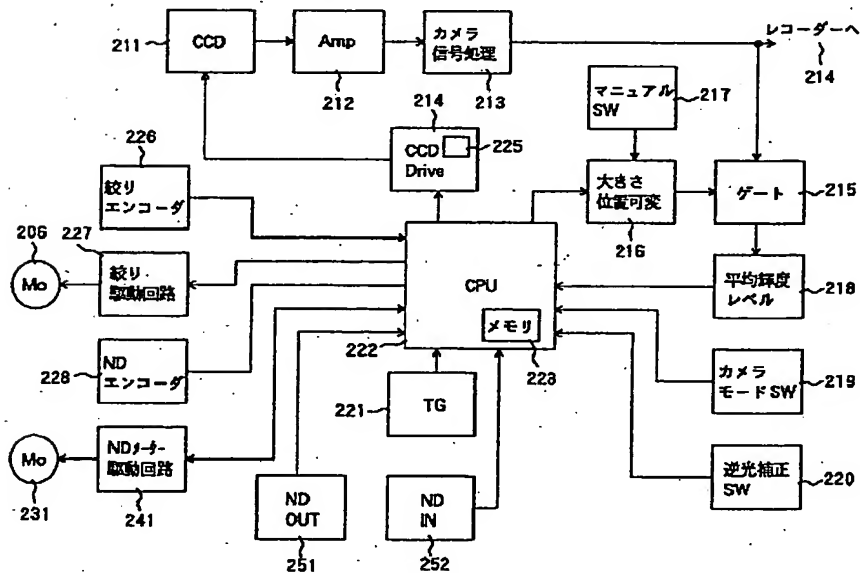
【図14】



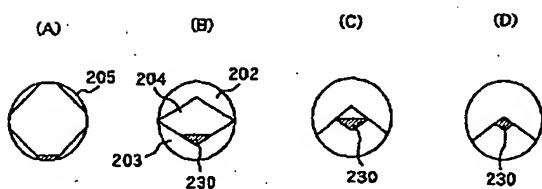
【図 6】



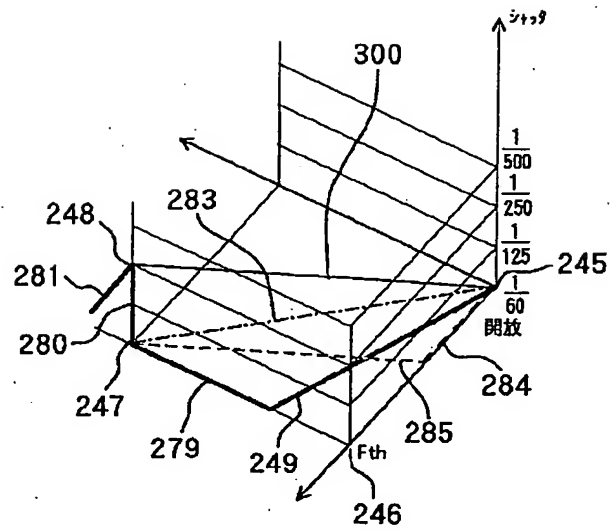
【图8】



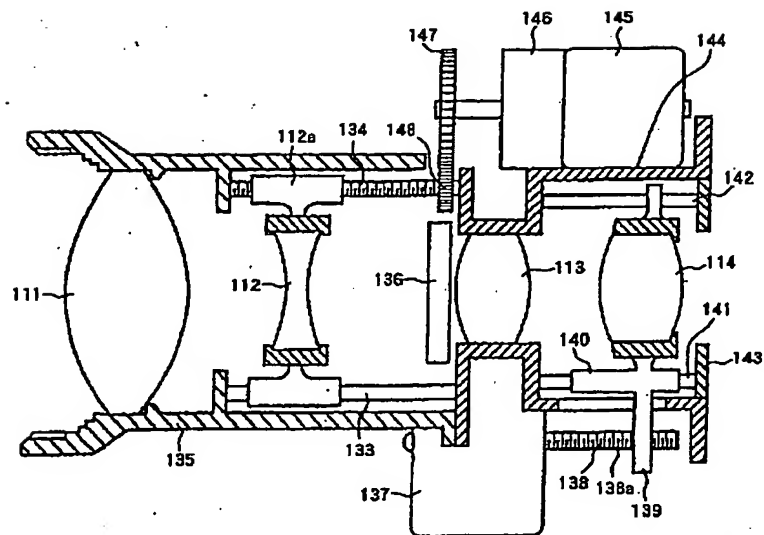
【图 15】



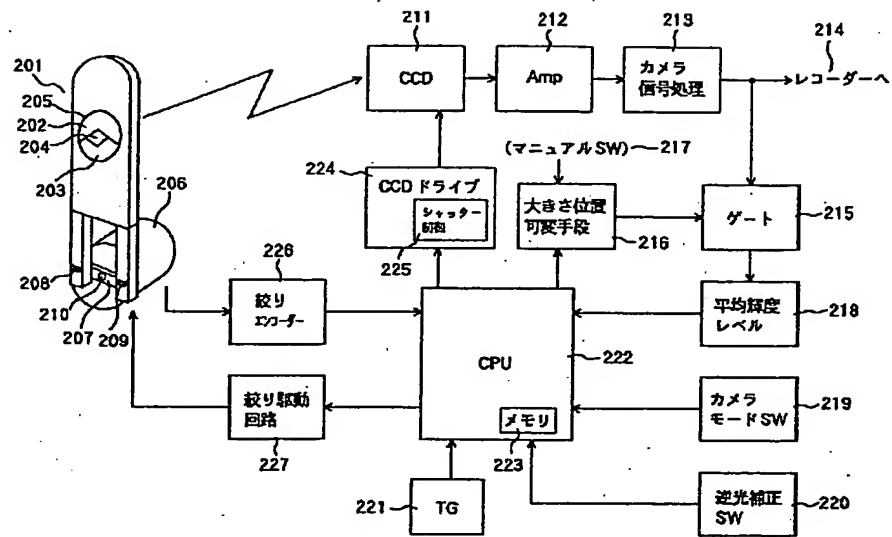
【図9】



【図12】



【図13】



Date: February 20, 2004

Declaration

I, Michihiko Matsuba, President of Fukuyama Sangyo Honyaku Center, Ltd., of 16-3, 2-chome, Nogami-cho, Fukuyama, Japan, do solemnly and sincerely declare that I understand well both the Japanese and English languages and that the attached document in English is a full and faithful translation, of the copy of Japanese Unexamined Patent Publication No. 2000-214514 laid open on August 4, 2000.

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "m. matsuba".

Michihiko Matsuba

Fukuyama Sangyo Honyaku Center, Ltd.

ND FILTER DRIVING DEVICE, LIGHT QUANTITY CONTROLLING DEVICE,
AND IMAGE PICKUP DEVICE

Japanese Unexamined Patent Publication No. 2000-214514

Laid-open on: August 4, 2000

Application No. Hei-11-13527

Filed on: January 21, 1999

Inventor: Naoya KANEDA

Applicant: Canon Inc.

Patent Attorney: Masayuki KISHIDA, et al.

SPECIFICATION

TITLE OF THE INVENTION

ND FILTER DRIVING DEVICE, LIGHT QUANTITY CONTROLLING DEVICE,
AND IMAGE PICKUP DEVICE

[ABSTRACT]

[PROBLEM TO BE SOLVED] To provide an ND filter driving device capable of achieving light quality control which takes prevention of vertical shading into consideration.

[SOLUTION] An ND filter capable of being entered and removed from the effective light beam on a surface nearly perpendicular to the optical axis by a driving means is structured so that it is provided with plural regions having different

transmissivities from each other, and that in the case of coming into the effective light beam from outside the effective light beam, a region 238 of the highest transmissivity comes into the effective light beam first.

WHAT IS CLAIMED IS;

[CLAIM 1] An ND filter driving device comprising: a driving means, and an ND filter capable of being entered and removed from an effective light beam on a surface nearly perpendicular to the optical axis by the driving means, wherein

said ND filter has plural regions having different transmissivities from each other and is structured so that the region having a high transmissivity comes into the effective light beam first when said ND filter comes into the effective light beam from outside the effective light beam.

[CLAIM 2] An ND filter driving device comprising: a driving means, and an ND filter capable of being entered and removed from an effective light beam on a surface nearly perpendicular to the optical axis by the driving means, wherein

said ND filter has plural regions having different transmissivities from each other and is structured so that the region having a high transmissivity comes into the effective light beam first when said ND filter comes into the effective light beam from outside the effective light beam, and a first

ND filter region having a high transmissivity is structured to be larger in area than a second ND filter region having a lower transmissivity.

[CLAIM 3] The ND filter driving device according to Claim 1 or 2 further comprising: a detecting means for detecting the position of said ND filter with respect to the inside and outside of said effective light beam.

[CLAIM 4] A light quantity controlling device comprising: a light quantity controlling mechanism for making an aperture diameter variable by making a driving means drive plural light quantity controlling members, and an ND filter capable of being entered and removed from an effective light beam on a surface nearly perpendicular to the optical axis by the driving means, wherein

said ND filter has plural regions having different transmissivities from each other and is structured so that the region having a high transmissivity comes into the effective light beam first when said ND filter comes into the effective light beam from outside the effective light beam.

[CLAIM 5] A light quantity controlling device comprising: a light quantity controlling mechanism for making an aperture diameter variable by making a driving means drive plural light quantity controlling members, and an ND filter capable of being

entered and removed from an effective light beam on a surface nearly perpendicular to the optical axis by the driving means, wherein

said ND filter has plural regions having different transmissivities from each other and is structured so that the region having a high transmissivity comes into the effective light beam first when said ND filter comes into the effective light beam from outside the effective light beam, and a first ND filter region having a high transmissivity is structured to be larger in area than a second ND filter region having a lower transmissivity.

[CLAIM 6] The light quantity controlling device according to Claim 4 or 5 further comprising: a light quantity control state detecting means for detecting a light quantity control state controlled by said light quantity controlling members.

[CLAIM 7] The light quantity controlling device according to Claim 4 or 5 further comprising: a detecting means for detecting the position of said ND filter with respect to the inside and outside of said effective light beam.

[CLAIM 8] The light quantity controlling device according to Claim 4 or 5 further comprising: a controlling means for controlling the driving means of said light quantity controlling mechanism and the driving means for driving said

ND filter, based on detection information of the light quantity control state detecting means for detecting the light quantity control state controlled by said light quantity controlling members and information of the detecting means for detecting the position of said ND filter with respect to the inside and outside of said effective light beam.

[CLAIM 9] An image pickup device comprising: the light quantity controlling device according to Claim 8, the light quantity controlling mechanism and the ND filter in said light quantity controlling device being disposed in an image pickup optical system.

[CLAIM 10] The image pickup device according to Claim 9, wherein said controlling means drives the driving means of said ND filter when said light quantity controlling members make a shift to a narrow aperture diameter after passing through a prescribed aperture diameter.

[CLAIM 11] The image pickup device according to Claim 9, wherein said controlling means does not drive the driving means of the ND filter until said light quantity controlling members are reduced to a prescribed F value in order to obtain optimum exposure from an overexposed state.

[CLAIM 12] The image pickup device according to Claim 11, wherein said prescribed F value becomes variable.

[CLAIM 13] The image pickup device according to Claim 9, wherein said controlling means controls the driving means of said light quantity controlling members and the driving means of said ND filter so as to perform light quantity control, while keeping at least one prescribed state relationship between said light quantity controlling members and said ND filter.

[CLAIM 14] The image pickup device according to Claim 13, wherein said prescribed state relationship becomes variable.

[CLAIM 15] The image pickup device according to Claim 9, wherein said controlling means drives said ND filter in a range from a retracted position outside the optical path to the position where the first ND filter fully covers the diaphragm aperture diameter when the light quantity control state detected by said light quantity control state detecting means is between the full aperture or a first aperture diameter and a second aperture diameter smaller than the first aperture diameter, and drives said ND filter including the region where the second filter comes into the aperture diameter when the aperture state detected by said light quantity control state detecting means is on the second aperture diameter or the smaller diameter side.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

[0001]

[Field of the Invention] The present invention involves an ND

filter driving device, a light quantity controlling device, and an image pickup device, and relates to a light quantity controlling device for use in image pickup devices such as video cameras and digital cameras, and particularly to the driving of an ND filter provided separately from light quantity controlling members.

[0002]

[Prior Arts] In video cameras and digital still cameras as image pickup devices for recording motion or still pictures by using a solid-state image pickup element such as a CCD, particularly in the field of consumer devices, with improvements in micro semiconductor processing, solid-state image pickup elements of miniature sizes such as so-called 1/3 inch, 1/4 inch, and 1/5 inch are most generally used. For example, the size referred to as 1/4 inch has an approximately 4-mm diagonal length and approximately 400,000 pixels.

[0003] These image sizes are extremely small, when compared with the diagonal length 43 mm of the 135 film, for example, so it is generally possible to drastically downsize lenses having the same angle of view compared with lenses of film cameras. In reality, in a video camera using a 1/4 inch CCD, the whole length of a zoom lens having a zoom ratio of 10 has been reduced to as small as 50 mm or so.

[0004] The general structure of a zoom lens for use in such an image pickup device is shown in Fig. 17.

[0005] There are various lens types known as inner focus lenses, and the one shown in Fig. 17 is composed of four groups and the rearmost lens group is used for focusing. In Fig. 17, 111 is a fixed front lens group, 112 is a variator lens group, 113 is a fixed lens group, and 114 is a lens group for focusing (compensator).

[0006] 133 is a guide rod for rotation prevention; 134 is a feed rod of the variator lens group; 135 is a fixed lens barrel; 136 is a diaphragm unit (in this case, placed orthogonally to the paper face); 137 is a step motor which is a focus motor; and 138 is an output shaft of the step motor 137 processed to have a male screw 138a for transferring the lens group 114 for focusing. 139 includes a female screw which is engaged with a male screw 138a and is integral with a transfer frame 140 of a lens 114.

[0007] 141 and 142 are guide rods of the lens 114; 143 is a back plate for positioning and holding the guide bars 141 and 142; 144 is a relay holder; 145 is a zoom motor; 146 is a reduction unit of the zoom motor 145; 147 and 148 are interlocking gears, and the interlocking gear 148 is fixed to the feed rod 134 for zooming.

[0008] Next, the operation will be described. Driving the step motor 137 causes the focus lens 114 to be transferred towards the optical axis by a screw feed. Furthermore, driving the zoom motor 145 causes the screw shaft 134 to be rotated via the interlocking gears 147 and 148, thereby transferring the variator 112 held by the lens frame 112a screwed by this screw shaft 134 towards the optical axis.

[0009] In addition, it is possible to use a step motor as the zoom motor as in the case of the focusing lens.

[0010] In the description of Fig. 7, the variator lens group uses a DC motor 145 as the driving source, and its position is detected, for example, by using a volume encoder structured so that a brush attached integrally with a variator transfer ring can slide on the board having a printed resistance pattern thereon.

[0011] Instead of using such a method, it is possible to use a method for finding the absolute position of the lens group by using a step motor as the driving source in the same manner as in focusing, and continuously counting the number of pulses inputted to stepmotor with reference to the reset position.

[0012] For the detection of the reference position when such a step motor is used, it is well known to use a photo interrupter.

[0013] Furthermore, instead of the aforementioned DC motor with a gear head and step motor, it is also known to use a voice coil type motor as the driving source for the respective movable lens groups.

[0014] Next, the following is a description of a method for controlling light quantity in the image pickup device using such a zoom lens and the aforementioned solid-state image pickup element such as a CCD.

[0015] Fig. 18 is a block diagram for explaining the method for light quantity control.

[0016] 201 is a light quantity controlling device, which is a diaphragm device, for example. 202 and 203 are diaphragm blades as the light quantity controlling members; 204 is an opening; and 205 is a full aperture provided on the base plate.

[0017] 206 is a driving part referred to as a meter part composing a magnetic circuit with a rotor magnet (not illustrated) to which the output shaft 210 has been fixed, a yoke, and a coil wound around the yoke; 207 is an arm lever fixed to the output shaft 210; and 208 and 209 are interlocking parts of the arm lever 207 and the blades.

[0018] 211 is a solid-state pickup device such as a CCD; 212 is an amplifier circuit; 213 is a camera signal processing circuit; 214 is a recorder; 215 is a gate; 216 is a variable

means for the size and position of the gate 215; 217 is a manual switch; and 218 is a mean brightness level calculation circuit. [0019] Furthermore, 219 is a mode selector switch of the image pickup device; 220 is a backlight switch; 221 is a timing generator; 222 is a CPU; 223 is a memory provided inside (or outside) the CPU 222; and 224 is a CCD drive circuit, which in this case includes a variable circuit for charge accumulation time (shutter speed). 226 is a diaphragm encoder; and 227 is a diaphragm driving circuit.

[0020] The subject image formed on the CCD 211 is converted into electric signals as charge quantity per pixel according to the strength of the brightness; amplified in the amplifier circuit 212; and subjected to a prescribed process such as gamma compensation in the camera signal processing circuit 213. This process can be performed in a digital signal processing after the A/D conversion.

[0021] Image signals thus produced are recorded by the recorder 214.

[0022] Of the image signals, contrast signals (Y signals) are taken out separately by the gate 215 only from a prescribed position in the screen (for example, a small region in the center of the screen), and the mean value of the contrast signals taken out is calculated by the mean brightness level

calculation circuit 218. The calculated mean value is taken into the CPU 222.

[0023] 217 is a manual switch selectable by the photographer with respect to the size of the gate 215, which makes it possible to designate a measuring area such as center weighted point or spot. Based on these area designation results or the area designation results determined by the CPU 222, the size position variable means 216 can change the position and size of the gate 215. It is a matter of course that the position variable means 216 and the manual switch 217 are not essential.

[0024] The CPU 222 performs calculation to determine whether the size of the mean brightness taken in agrees with the value corresponding to the proper exposure stored itself, and when there is a difference, changes the diaphragm aperture in accordance with the sign and absolute value of the difference, or changes the charge accumulation time to be sent to the CCD 211.

[0025] When the diaphragm is moved, the diaphragm driving circuit 227 causes the coil of the electromagnetic meter to be supplied with current, thereby rotating the output shaft 210 and the arm lever 207. Since the pin on the arm side is engaged with the groove on the tip parts of the blades 203 and 202 at the tip of this lever, the rotation of the lever 207

causes the two blades 202 and 203 to slide vertically. This changes the size of the opening 204.

[0026] Changing the diaphragm aperture area or the charge accumulation time in this manner to make the aforementioned mean brightness level a prescribed value can provide optimum exposure.

[0027] In the camera mode Sw 219, an image pickup mode such as a portrait mode or a green mode (automatic exposure mode) is selected, making it possible to select a combination of a diaphragm value and a shutter speed to meet the intention of the photographer for the same subject. The so-called "program diagram" of an exposure program for this is stored in plural in the memory 223. Furthermore, when the backlight switch 220 is operated, the prescribed value of the mean brightness level is raised by two or three steps, or another process is performed.

[0028] In determining the aforementioned combination of the diaphragm and the shutter stored in the memory 223, there are three restriction requirements (1), (2), and (3) as follows.

[0029] (1) In conformance with the standard TV format (NTSC in Japan), it is generally impossible to make the charge accumulation time slower than 1/60 seconds.

[0030] (2) In order to record smooth operation of a moving

subject without a sense of incongruity as a motion picture, it is not possible to set too high a shutter speed (to set a short charge accumulation time). As a guide, it is set to 1/250 seconds.

[0031] At the shutter speed of the aforementioned (1) and (2), only about two steps' worth of exposure adjustment can be carried out. There is an additional restriction requirement as follows: (3) With an F value on the side smaller (small diaphragm value) than F16 in 1/3 inch or F11 in 1/4 inch, there is a decrease in image-forming performance due to the diffraction resulting from the diminishing diaphragm aperture diameter. Fig. 19 is a view explaining this as an image.

[0032] In Fig. 17, the horizontal axis indicates F No. of the diaphragm, and the vertical axis indicates MTF as image-forming performance. The MTF is a numeric value indicating how much subject contrast is held on the surface where the image has been formed, and the higher the value is, the more preferable. In reality, the value changes with spatial frequency.

[0033] The MTF in the full aperture slightly improves when the aperture is decreased. This reflects, for example, an improvement in the spherical aberration by a decrease in the aperture. Furthermore, when the diaphragm value exceeds the value (F_{th}) at which the diaphragm value causes diffraction due

to the aforementioned narrow aperture, the MTF is decreased by this effect.

[0034] When the aperture control is possible only on the brighter side than the F_{th} , a lens with an aperture of F1.4 or so can perform only about 6 steps of light quantity control, although it depends on the screen size.

[0035] This means that the diaphragm and the shutter combined can perform only about 8 steps of light quantity control, which is an insufficient number of steps.

[0036] For this reason, in actual image pickup devices the diaphragm blade often has an ND filter integrally pasted thereon. Figs. 20(A)-(D) show the aperture in the case where the blade 203 has an ND filter 230 pasted thereon, from the full aperture (A) until the ND filter (D) fully covers the aperture diameter. If the ND concentration is a concentration which drops the transmitted light quantity to $(1/2)^3 = 1/8$ or three steps, from the aforementioned $8 + 3 = 11$, it becomes possible to achieve the light quantity control in the range of the practical subject brightness.

[0037]

[Themes to be Solved by the Invention] However, this still has the following problems.

[0038] An increase in ND concentration causes shading of

brightness between the upper part and the lower part (the lower part of the aperture covered by the ND filter and the upper part having no ND filter), sometimes causing a subject of a uniform brightness not to be recorded with uniform brightness.

[0039] The shape of the ND filter is seen in the shape of the diaphragm as an out-of-focus image, which deteriorates the image quality.

[0040] When the value of the aforementioned F_{th} starts to become brighter to reach the level of F8 or F5.6, as CCDs are getting smaller in size and higher in density, a range of sufficient light quantity control cannot be obtained by the current method.

[0041] For this, there is also a well known solution in which the ND filter is quite separately arranged so as to be entered and removed from the optical path, instead of being pasted on the ND filter on the blade; the CPU orders the EVF (electronic view finder) or the like to insert or remove the ND finder, based on the comparison between the diaphragm value and the F_{th} ; and the photographer performs the insertion and removal of the ND filter; however, there are problems that the inserting and removing operations are troublesome, and the continuity of image pickup is interrupted by the time elapsed before the restoration of the proper exposure from the moment of insertion

or removal.

[0042] Furthermore, the applicants of the present application have achieved, for the purpose of solving this problem, to secure the aforementioned continuity and to secure out-of-focus image by maintaining a prescribed interlocking relationship between the diaphragm device and the ND filter device controlled by the CPU.

[0043] However, it is still difficult for this method to avoid the problem of the aforementioned brightness shading, if an image shooting is performed in the conditions where the ND filter is high in concentration and the ND filter covers half the aperture. If the concentration of the ND filter is reduced to avoid this problem, it becomes impossible to obtain a sufficient number of steps of light quantity control.

[0044] Fig. 21 shows an example of the program diagram of the memory 223 shown in Fig. 18. In the program diagram indicated by the solid line, a shutter speed (charge accumulation time) of 1/60 sec is maintained first; when the aperture reaches F_{th} , the shutter speed is raised up to 1/250 sec; and if it is still overexposed, a smaller diaphragm value is used (although narrow aperture diffraction occurs).

[0045] On the other hand, the program diagram indicated by the phantom line shows an example intended to have as shallow a

depth of field as possible, and the shutter is raised up to 1/250 sec at the full aperture.

[0046] It is possible to use the program diagram indicated by the broken line when the aperture is desired to be kept full open as much as possible in a scene having no sense of incongruity as a motion picture.

[0047] The object of the invention related to the present application is to provide an ND filter driving device, a light quantity controlling device, and an image pickup device capable of achieving light quantity control which takes prevention of this vertical shading into consideration.

[0048]

[Means for Solving Themes] A first structure of the ND filter driving device for achieving the object of the invention according to the present application is an ND filter driving device comprising: a driving means, and an ND filter capable of being entered and removed from an effective light beam on a surface nearly perpendicular to the optical axis by the driving means, wherein said ND filter has plural regions having different transmissivities from each other and is structured so that the region having a high transmissivity comes into the effective light beam first when the ND filter comes into the effective light beam from outside the effective light beam.

[0049] A second structure of the ND filter driving device for achieving the object of the invention according to the present application is an ND filter driving device comprising: a driving means, and an ND filter capable of being entered and removed from an effective light beam on a surface nearly perpendicular to the optical axis by the driving means, wherein the ND filter has plural regions having different transmissivities from each other and is structured so that the region having a high transmissivity comes into the effective light beam first when the ND filter comes into the effective light beam from outside the effective light beam, and a first ND filter region having a high transmissivity is structured to be larger in area than a second ND filter region having a lower transmissivity.

[0050] A third structure of the ND filter driving device for achieving the object of the invention according to the present application is the aforementioned first or second structure provided with a detecting means for detecting the position of the ND filter with respect to the inside and outside of the effective light beam.

[0051] A first structure of the light quantity controlling device for achieving the object of the invention according to the present application is a light quantity controlling device

comprising: a light quantity controlling mechanism for making an aperture diameter variable by making a driving means drive plural light quantity controlling members, and an ND filter capable of being entered and removed from an effective light beam on a surface nearly perpendicular to the optical axis by the driving means, wherein the ND filter has plural regions having different transmissivities from each other and is structured so that the region having a high transmissivity comes into the effective light beam first when the ND filter comes into the effective light beam from outside the effective light beam.

[0052] A second structure of the light quantity controlling device for achieving the object of the invention according to the present application is a light quantity controlling device comprising: a light quantity controlling mechanism for making an aperture diameter variable by making a driving means drive plural light quantity controlling members, and an ND filter capable of being entered and removed from an effective light beam on a surface nearly perpendicular to the optical axis by the driving means, wherein the ND filter has plural regions having different transmissivities from each other and is structured so that the region having a high transmissivity comes into the effective light beam first when the ND filter

comes into the effective light beam from outside the effective light beam, and a first ND filter region having a high transmissivity is structured to be larger in area than a second ND filter region having a lower transmissivity.

[0053] A third structure of the light quantity controlling device for achieving the object of the invention according to the present application is the first or second structure of the light quantity controlling device provided with a light quantity control state detecting means for detecting a light quantity control state controlled by the light quantity controlling members.

[0054] A fourth structure of the light quantity controlling device for achieving the object of the invention according to the present application is the first or second structure of the light quantity controlling device provided with a detecting means for detecting the position of the ND filter with respect to the inside and outside of the effective light beam.

[0055] A fifth structure of the light quantity controlling device for achieving the object of the invention according to the present application is the first or second structure of the light quantity controlling device provided with a controlling means for controlling the driving means of the light quantity controlling mechanism and the driving means for

driving the ND filter, based on detection information of the light quantity control state detecting means for detecting the light quantity control state controlled by the light quantity controlling members and information of the detecting means for detecting the position of the ND filter with respect to the inside and outside of the effective light beam.

[0056] A first structure of the image pickup device for achieving the object of the invention according to the present application comprises: the light quantity controlling device of the fifth structure, the light quantity controlling mechanism and the ND filter in the light quantity controlling device being disposed in an image pickup optical system.

[0057] A second structure of the image pickup device for achieving the object of the invention according to the present application is in the first structure of the image pickup device, the controlling means drives the driving means of the ND filter when the light quantity controlling members make a shift to a narrow aperture diameter after passing through a prescribed aperture diameter.

[0058] A third structure of the image pickup device for achieving the object of the invention according to the present application is in the first structure of the image pickup device, the controlling means does not drive the driving means of the

ND filter until the light quantity controlling members are reduced to a prescribed F value in order to obtain optimum exposure from an overexposed state.

[0059] A fourth structure of the image pickup device for achieving the object of the invention according to the present application is in the third structure of the image pickup device, wherein the prescribed F value becomes variable.

[0060] A fifth structure of the image pickup device for achieving the object of the invention according to the present application is in the first structure of the image pickup device, the controlling means controls the driving means of the light quantity controlling members and the driving means of the ND filter so as to perform light quantity control, while keeping at least one prescribed state relationship between the light quantity controlling members and the ND filter.

[0061] A sixth structure of the image pickup device for achieving the object of the invention according to the present application is in the fifth structure of the image pickup device, wherein the prescribed state relationship becomes variable.

[0062] A seventh structure of the image pickup device for achieving the object of the invention according to the present application is in the first structure of the image pickup device, the controlling means drives the ND filter in a range from a

retracted position outside the optical path to the position where the first ND filter fully covers the diaphragm aperture diameter when the light quantity control state detected by the light quantity control state detecting means is between the full aperture or a first aperture diameter and a second aperture diameter smaller than the first aperture diameter, and drives the ND filter including the region where the second filter comes into the aperture diameter when the aperture state detected by the light quantity control state detecting means is on the second aperture diameter or the smaller diameter side.

[0063]

[Preferred Embodiment] (First Embodiment) Fig. 1 and Fig. 2 show the first embodiment of the present invention.

[0064] In Fig. 1, the ND filter is retracted outside the optical path. In Fig. 1, members having the same functions as those shown in Fig. 18 are referred to with the same reference symbols.

[0065] 238 and 239 are ND filters different in concentration (transmissivity); 238 is a filter having a comparatively low concentration (high transmissivity) and 239 is a filter having a higher concentration (lower transmissivity) than the filter 238.

[0066] These ND filters 238 and 239 can be made of film, instead

of glass.

[0067] It is also possible that filter material having one concentration is arranged in the positions of the filters 238 and 239, and one ND filter 238 is composed exclusively of the common filter material, and the other filter 239 is superimposed with the filter material of one concentration; or it is also possible that the filter 238 and the filter 239 have different concentrations from each other in the fabrication of the ND filters. In this case, both the filter 238 and the filter 239 are structured to have an area which can completely cover the full aperture diameter 205 of the diaphragm.

[0068] 231 is a meter part as an ND filter driving means; 232 is the output shaft of the meter; 233 is an interlocking lever; 234 is a pin of the lever tip; 235 is a long groove formed in the operating part of the frame member 237 which holds the ND filters; and 236 is a rotation center of the frame member 237.

[0069] In Fig. 1 and Fig. 3, 254 is a first leaf switch which is turned on by being pushed by the frame member 237 when the frame member 237 indicating no use of the ND filters 238 and 239 is in the position shown in Fig. 1. As shown in Fig. 3, when one ND filter 238 comes into the optical path and stops in the position to cover the aperture 241, the first leaf switch

254 and the second leaf switch 255 which is shown in Fig. 3 are both out of contact with the frame member 237 and turned off.

[0070] When the frame member 237 rotates to make the other filter 239 reach the position to cover the aperture 241, the second leaf switch 255 is pushed by the frame member 237 and turned on.

[0071] To be more specific, when the first leaf switch 254 is on and the second leaf switch is off, it indicates that the ND filters are out of use; when the first leaf switch 254 and the second leaf switch 255 are both off, it indicates that one ND filter 238 having a lower concentration is in use; and when the first leaf switch 254 is off and the second leaf switch is on, it indicates that the other ND filter 239 having a higher concentration is in use.

[0072] Assuming that the output shaft 232 of the meter 231 is rotated to the left as shown by the arrow, the lever 233 also rotates in the arrow direction. As a result of this movement, the frame member 237 rotates in the arrow direction around the rotation center 236 by the interlocking between the long groove 235 and the pin 234.

[0073] As a result, the ND filters 238 and 239 come into the optical path in the arrow direction.

[0074] Fig. 2 is a simplified view showing the case where the ND filter driving device shown in Fig. 1 is disposed in a zoom lens.

[0075] The lens groups of 111 to 114 show the respective groups described in Fig. 17. 211 is a CCD, diaphragm devices (202, 203, 206), and ND filter driving devices (231, 237), which are structured to operate on a surface perpendicular to the optical axis 241. Fig. 3 shows the state where the frame member 237 has rotated from the state shown in Fig. 1 to the position where one ND filter 238 part completely covers the full aperture.

[0076] It is a matter of course that further rotation will cause the other ND filter 239 to start to cover the full aperture and finally covers it completely.

[0077] In the present embodiment, the ND filter 238 has a concentration which makes the transmitted light quantity 1.5 steps the full aperture (light quantity $1/2.8$), and the other ND filter 239 has a concentration which corresponds to 3 steps (light quantity $1/8$) the full aperture, the effect of the shading can be greatly improved, as compared with the case where only the ND filter having the same concentration as the other ND filter 239 is entered and removed from the optical path.

[0078] Fig. 4 is a control block diagram for the case of executing the present invention. As compared with the block

structures in these conventional devices shown in Fig. 18, the CPU 222 controls the operation of the actuator 231 (the meter 231 shown in Fig. 1) for driving the ND filters via the ND meter driving circuit 241. On the other hand, 251 is a switch for detecting the state where the ND filters are completely removed as shown in Fig. 1. 261 is a switch that is turned on when the other ND filter 239 is completely entered.

[0079] Fig. 5 shows a method for controlling exposure in the present embodiment.

[0080] In the drawing, the axis 242 indicates the shutter speed (charge accumulation time of the CCD). Here, the slowest shutter speed (point 245) is made 1/60 seconds.

[0081] The axis 243 indicates the aperture condition. The point 245 indicates the full aperture, and in the direction extending to the lower left in the drawing, the aperture diameter of the diaphragm is reduced (narrower aperture).

[0082] The axis 244 shows the state of the ND filters coming into the optical path. On the axis, "238 IN" and "239 IN" indicate the positions where the filters having the respective concentrations (one filter 238 having a low concentration and the other filter 239 having a high concentration) completely cover the aperture diameters at those moments. (However, the aperture diameters at those moments depend on the F value. To

simplify the following explanation, F_{th} is used as the minimum F value in the range having no image deterioration due to the narrow aperture diffraction, and the positions at which the respective ND filters fully cover the aperture diameters obtained at F_{th} are shown as "238 IN" and "239 IN".

[0083] In this graph, the transmitted light quantity can be maximum (suitable to the darkest subject) at the point 245 at which the aperture is full open, the shutter time is 1/60 seconds, and no ND filter is entered. Although it is not illustrated on the block diagram of Fig. 4 and Fig. 18, when the proper exposure cannot be obtained even at the point 245, amplification (gain up) exceeding the normal level is sometimes carried out in the Amp circuit 212.

[0084] In this drawing, it is assumed that exposure control is performed along the bold line. This is not the only way to connect the bold lines.

[0085] First, the diaphragm is exclusively moved from the point 245 to perform the exposure control. In the region indicated by the points 245 to 246, the diaphragm is controlled between the full aperture and F_{th} .

[0086] Reducing the aperture over F_{th} causes image deterioration at the time of a narrow aperture as described above, and in order to avoid this, the ND meter 231 is moved

between the point 246 and the point 247 to reduce the transmitted light quantity as much as possible. During this time period, the segment A becomes an idle period of the ND filters (the period before the ND filters start to cover the effective optical path).

[0087] In order to avoid the idling, the segment 249 can be set different from between the point 245 to the point 246 so as to connect the point 245 to the point 250; however, in this case, it is necessary to perform the position control of the ND filters being entered, for which an aspect will be described in an embodiment shown after the present embodiment.

[0088] When the point 247 is reached, the shutter speed is raised up to 1/250 seconds so as to reach the point 248.

[0089] Fig. 6 and Fig. 7 are flowcharts depicting the operation of the first embodiment.

[0090] This starts at 261. At step263, whether it is in the optimum exposure or not is checked. When it is not in the optimum exposure, whether it is overexposed or underexposed is checked at step264, and if it is overexposed, the process moves to step265, and if it is underexposed, the process moves to step269 shown in Fig. 7. In the case of overexposure, whether or not the F value at that moment is in the wider aperture side than F_{th} is checked at step265. When it is in the wider aperture side,

it is between the points 245 and 246, so the diaphragm is driven to the narrower aperture side at step266. In order to further secure that it is in the range of the points 245 to 246 of Fig. 5, it is possible to make sure that the first leaf switch 254 for detecting the ND-OUT state, which is shown in Fig. 1 and omitted in this flowchart, is ON.

[0091] When the step 265 indicates N, it is somewhere between the points 246 to 247, 247 to 248, or 248 to the narrow aperture of Fig. 5. Therefore, the state of the second leaf switch 255 which is an NDIN switch is detected at step267.

[0092] If the ND filters are not completely entered, the ND meter is driven to the IN side at step268. If the ND filters including the other ND filter 239 having a high concentration are completely entered, the determination in the step 267 becomes Y, and while monitoring that the shutter time has not exceeded 1/250 seconds at step274, the shutter time is speeded up to step275.

[0093] If the proper exposure is not obtained even when the shutter has reached 1/250 sec at step274, the aperture is further reduced at step266 to obtain the proper exposure at the expense of image deterioration due to a narrow aperture.

[0094] Fig. 7 shows a flowchart in the case of underexposure, which is nearly a reverse of the flowchart shown in Fig. 6.

To be more specific, when it has been determined at step270 that the current F value is in the wider aperture side than F_{th} , the diaphragm is driven further to the wider aperture side, making the process return to step262 of Fig.6. If the current F value has been determined to be larger than F_{th} , it is detected at step272 whether or not the second leaf switch 255 is on, and if it is off, one ND filter 238 having a low concentration is determined to be present in the optical path and the ND meter is driven to retract this ND filter from the optical path, making the process return to step26 in Fig. 7.

[0095] If the second leaf switch 255 has been determined to be on at step272, the other ND filter having a high concentration is present in the optical path, so it is determined at step276 whether or not the shutter time is larger than $1/60$.

[0096] When the shutter time has been determined to be $1/60$ at step276, the diaphragm is driven to the wider aperture side at step271, and when the shutter time has been determined not to be $1/60$, the shutter time is reduced at step277, which makes the process return to step262 of Fig. 6.

[0097] Furthermore, the bold lines shown in Fig. 5 indicate the operation of a means for restricting transmitted light quantity under the conditions of the full aperture, $1/60$ sec.,

and ND OUT state in the sequence starting at the point 245 to the diaphragm → the ND filters → the shutter time → the diaphragm; however, the sequence can be changed based on the camera mode setting. In Fig. 4, the camera mode Sw 219 reflects the intention of image pickup to make the depth of field as shallow as possible (for example, a portrait mode), and in response to this, the above sequence is changed to the shutter → the ND filters → the diaphragm.

[0098] The detecting switches of ND IN or OUT can be photo interrupters instead of the leaf switches. The present embodiment shows the rotatable ND filters as shown in Fig. 1 and Fig. 3; however, they can be structured to be slidably driven.

[0099] (Second Embodiment) Figs. 8 and 9 show the second embodiment of the present invention.

[0100] In the first embodiment of the present invention, concerning the state of entering and removing the ND filters from the effective optical path, the state where the ND filter 239 is IN is just detected by the second leaf switch 255 as shown in Fig 3, and the state where the ND filter 238 is OUT is just detected by the first leaf switch 254 as shown in Fig 1.

[0101] The second embodiment is characterized by comprising

an encode means (ND encoder) which can detect the rotation angle of the ND filters as an absolute position.

[0102] In Fig. 8, as the block 278, an ND encoder for detecting the absolute position information of the aforementioned ND meter is provided, and the detection results are taken into the CPU 222. In this case, the memory means 223 inside the CPU 222 can store various interlocking relationships between the ND meter and the diaphragm meter, and the two meters can be interlocked based on the stored data.

[0103] As this ND encoder, besides a method for detecting changes in the magnetic flux in the vicinity of the boundary of the N pole and the S pole of the rotor magnet by a hall element provided inside the meter which is the ND driving source in the same manner as the conventional well-known diaphragm encoder, there are various other methods such as a method for continuously counting the driving input pulses to stepmotor from the reference position by using this driving source as a step motor driving, not as a meter.

[0104] Such a structure can be realized by forming an interlocking state excluding the idle section A of Fig. 5 in the memory 223 as indicated by the chain line 249 of Fig. 5.

[0105] In Fig. 9, the method indicated by the solid line connecting the points 245, 249, 279, 280, and 281 showing some

examples of such an interlocking relationship performs light quantity control along the line starting at the point 245 to the diaphragm → the ND filters → the shutter → the diaphragm in the same manner as in Fig. 5 of the first embodiment; it is possible, however, in the region of the solid line 249, to make the ND meter wait in a position as close to the diaphragm aperture as possible in the region not overlapping the diaphragm aperture in accordance with each diaphragm aperture diameter from the full aperture to F_{th} .

[0106] Consequently, the "idle section A" of Fig. 5 can be excluded.

[0107] The chain line 283 indicates a shift from the state where the shutter time is $[1/60]$, the diaphragm is full aperture, and the ND filter 238 having a low concentration and the ND filter 239 having a high concentration are both retracted outside the optical path to the state where the shutter time is $[1/60]$, the diaphragm value is F_{th} , and the ND filter 239 having a high concentration is in the optical path, that is, both the diaphragm and the ND filters perform prescribed interlocking operation between the points 245 to 247.

[0108] Next, according to the program indicated by the broken line, in the region closer to the full aperture shown by the reference numeral 284, the ND filters are not allowed in the

optical path for the purpose of obtaining a beautiful out-of-focus image, and later, in the region shown by the reference numeral 285, the diaphragm and the ND filters are interlocked. In this case, the region shown by the reference numeral 284 can be overlapped with the region shown by the reference numeral 249.

[0109] Furthermore, the program indicated by the solid line 300 shows the case where the point 245 and the point 248 are directly connected so that the diaphragm and the ND filters are interlocked as prescribed, including the shutter time.

[0110] They can be switched depending on the camera mode in accordance with the purpose and effects. It is also possible to change the F_{th} value itself when necessary including the first embodiment. Furthermore, the F_{th} value can be changed in accordance with the quality of recording image.

(Third Embodiment) Fig. 10 and Fig. 11 show the third embodiment.

[0111] The third embodiment realizes an ND filter driving mechanism reduced in size, as compared with those of the first and second embodiments, and as shown in Fig. 10 the ND filter 238 having a low concentration has an area to fully cover the aperture diameter 290 smaller than the full aperture diameter 205, and the ND filter 239 having a high concentration has an

area to fully cover the aperture diameter 291 smaller than the aperture diameter 290.

[0112] Therefore, according to the present embodiment, as apparent from Fig. 10, the rotation angle of the ND filters can be reduced. For this reason, the interlocking lever parts can also be reduced in size, although they are illustrated at the same size in Fig. 10 as in Fig. 1 and Fig. 3.

[0113] In Fig. 10, the ND filter 238 is structured to cover the aperture diameter 290, and the ND filter 239 is structured to cover the aperture diameter 291 (smaller than the aperture diameter 290); however, it is possible that the ND filters 238 and 239 are structured to fully cover the same aperture diameter 290, or that the ND filter 239 is structured to cover an aperture diameter (narrow aperture) smaller than the full aperture diameter, while the ND filter 238 is structured to cover the full aperture diameter.

[0114] As described in the first embodiment, this ND filter driving device can make the ND filters slide instead of making them rotate around the rotation axis.

[0115] Fig. 11 shows the interlocking relationship between the ND filter driving device and the diaphragm device shown in Fig. 10.

[0116] Assuming that the ND filter 238 is set to fully cover

an aperture of F5.6, and the ND filter 239 is set to fully cover an aperture of F11 as shown in Fig.11, the diaphragm and the ND filters are controlled so as to have an interlocked relationship designated by the reference numerals 292, 293, 294, 295, and 296.

[0117] This excludes an inconvenience that the frame member of the ND filters covers the aperture. In addition, similar to the second embodiment, in order to exclude the "idle section A", the direction pattern indicated by the chain lines 297 and 298 can be used.

[0118] Although the diaphragms in these embodiments are all shown as two diaphragm blades, it is a matter of course that a so-called iris diaphragm composed of 5 or more blades can be used.

[0119]

[EFFECT OF THE INVENTION] As described hereinbefore, the present invention can secure the continuity of image pickup and also secure a full-open out-of-focus image, without narrow aperture diffraction, while using an image pickup device such as a CCD, and while greatly improving the degree of vertical shading and the like due to the ND filters, thereby achieving optimum exposure control in accordance with the camera mode.

[0120] In addition, its miniaturization is also realized.

[BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS]

[Fig. 1] An ND filter driving device suitable for the first embodiment of the present invention

[Fig. 2] A simplified arrangement diagram inside a zoom lens of the ND filter driving device of the first embodiment of the present invention

[Fig. 3] A view showing the operating state of the ND filter driving device of the first embodiment of the present invention

[Fig. 4] A block diagram showing the ND filter driving device of the first embodiment of the present invention

[Fig. 5] A graph showing exposure compensation operations of the ND filter driving device of the first embodiment of the present invention

[Fig. 6] A flowchart of the ND filter driving device of the first embodiment of the present invention

[Fig. 7] A flowchart of the ND filter driving device of the first embodiment of the present invention

[Fig. 8] A block diagram of the second embodiment of the present invention

[Fig. 9] A graph showing exposure compensation operations of the second embodiment of the present invention

[Fig. 10] An ND filter driving device suitable for the third embodiment of the present invention

[Fig. 11] A graph showing exposure compensation operations of the third embodiment of the present invention

[Fig. 12] A view showing the structure of the conventional zoom lens

[Fig. 13] A block diagram relating to the exposure control of the conventional image pickup device

[Fig. 14] A view showing the relationship between the diaphragm and MTF

[Fig. 15] A conventional example of the diaphragm and ND

[Fig. 16] A conventional example of exposure control by the combination of the diaphragm and the shutter

[Description of Symbols]

231 ND driving source

205 full aperture diameter

238 ND filter

239 ND filter having a higher concentration than the ND filter
238

222 CPU

223 memory of the interlocking relationship between the ND and the diaphragm

273 ND encoder

Fig.1

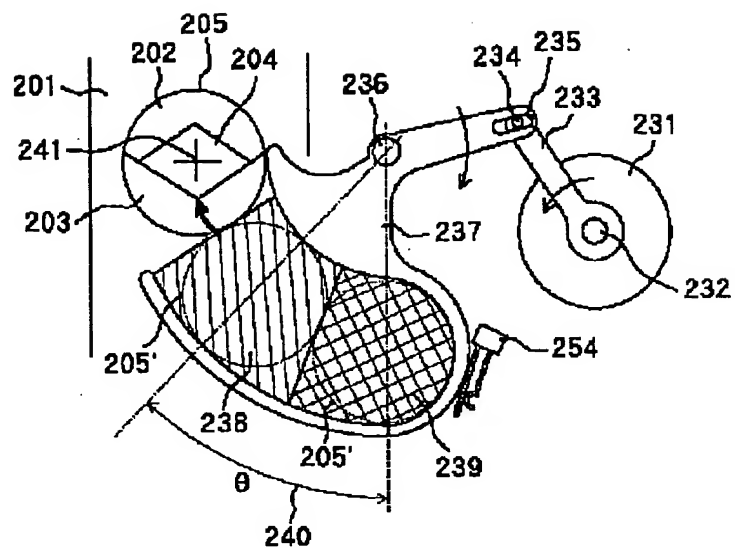


Fig.2

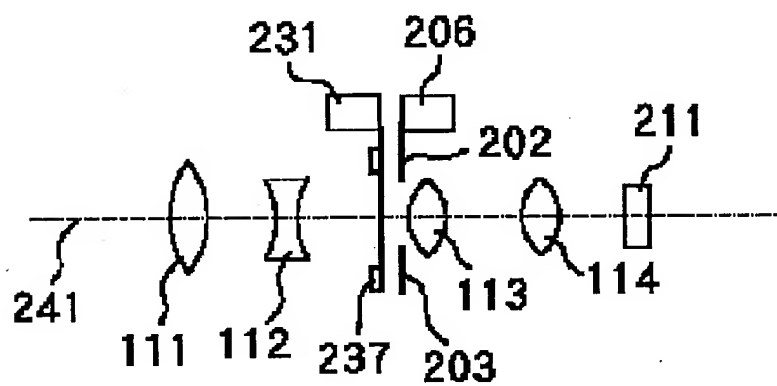


Fig.3

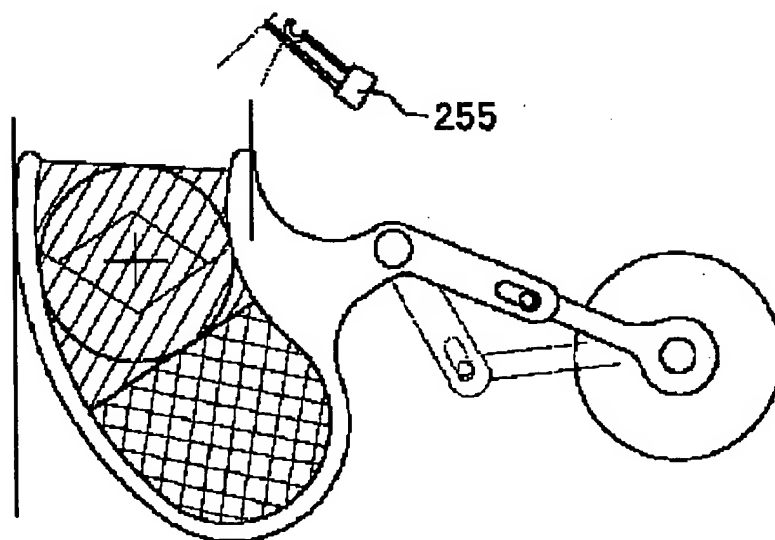


Figure 1

The figure shows a grid where the horizontal axis represents the number of nodes (N) and the vertical axis represents the number of links (L). Both axes range from 0 to 10. Data points are plotted at integer values of N , showing that the number of links increases quadratically with the number of nodes. Specifically, the points are at (N, L) pairs: (1,0), (2,1), (3,3), (4,6), (5,10), (6,15), (7,21), (8,28), (9,36), and (10,45). These points are connected by straight lines, illustrating the cumulative nature of link formation as nodes are added.

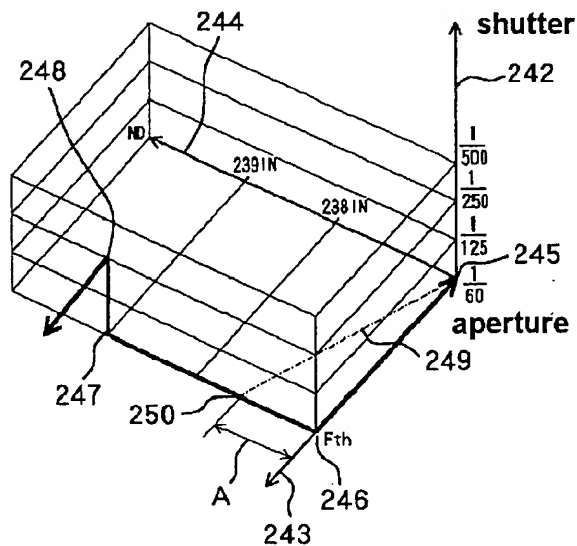


Fig.6

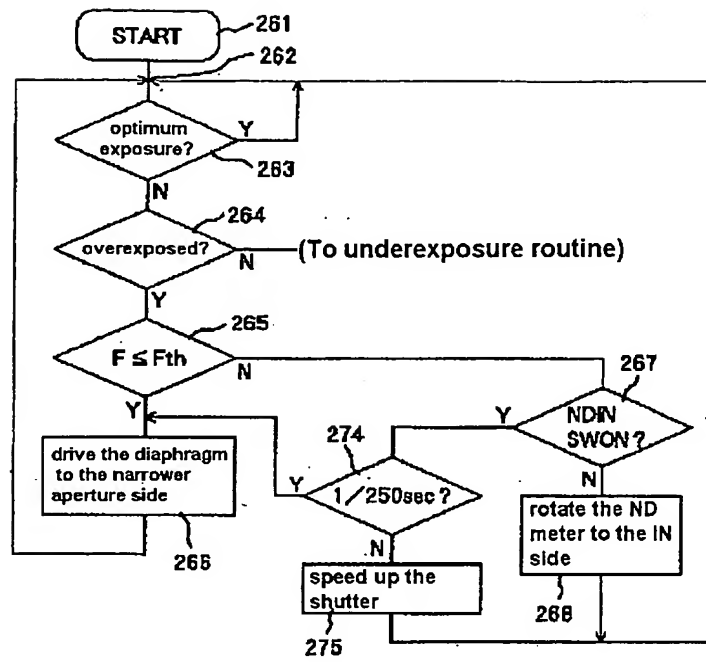


Fig.7

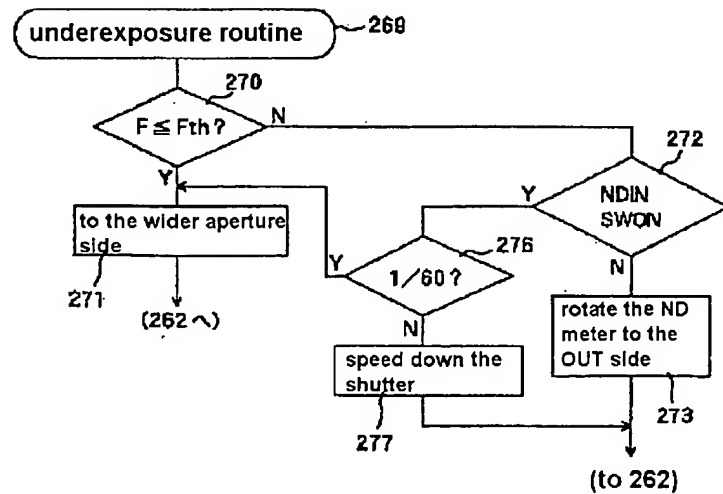


Fig.8

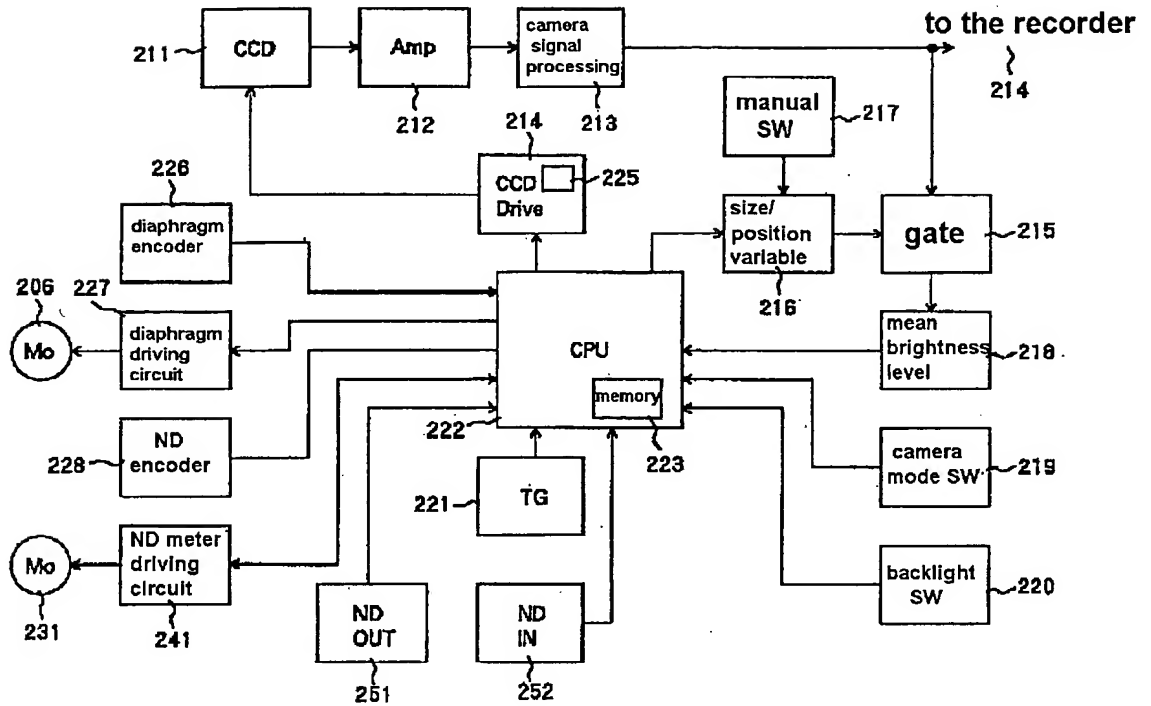


Fig.9

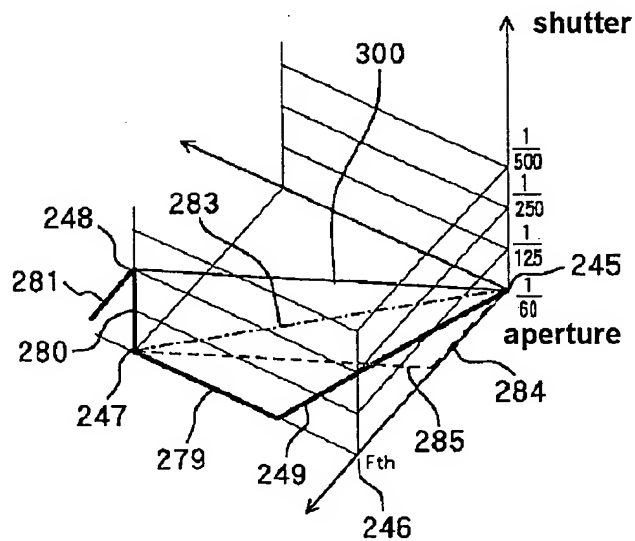


Fig.10

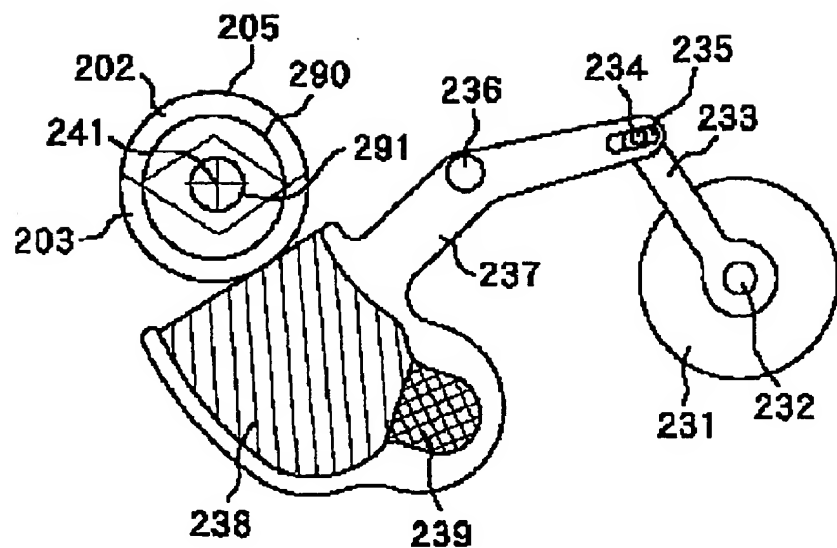


Fig.11

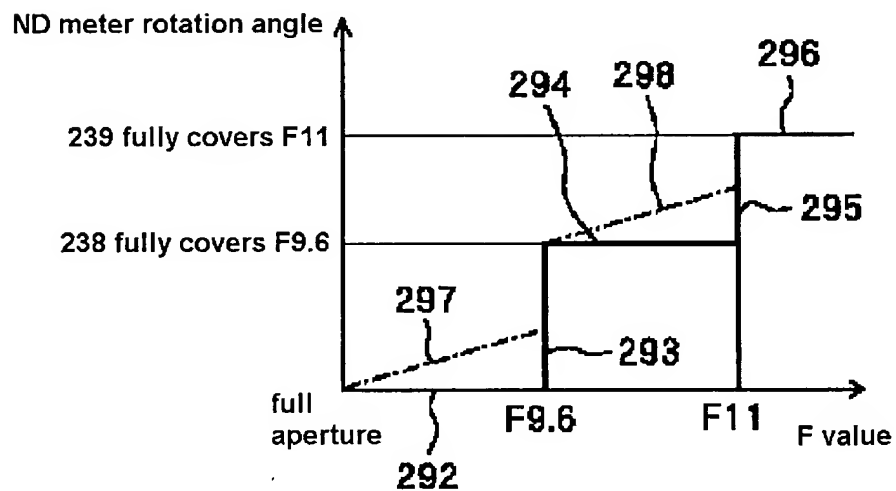


Fig.12

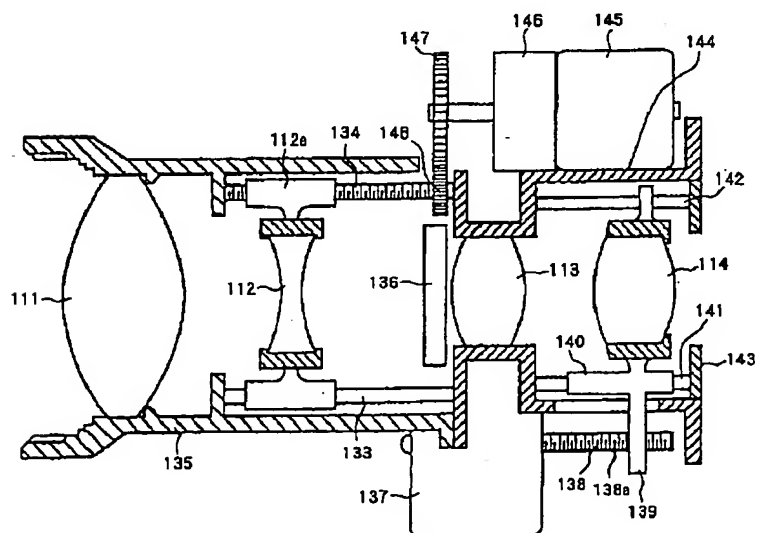


Fig.13

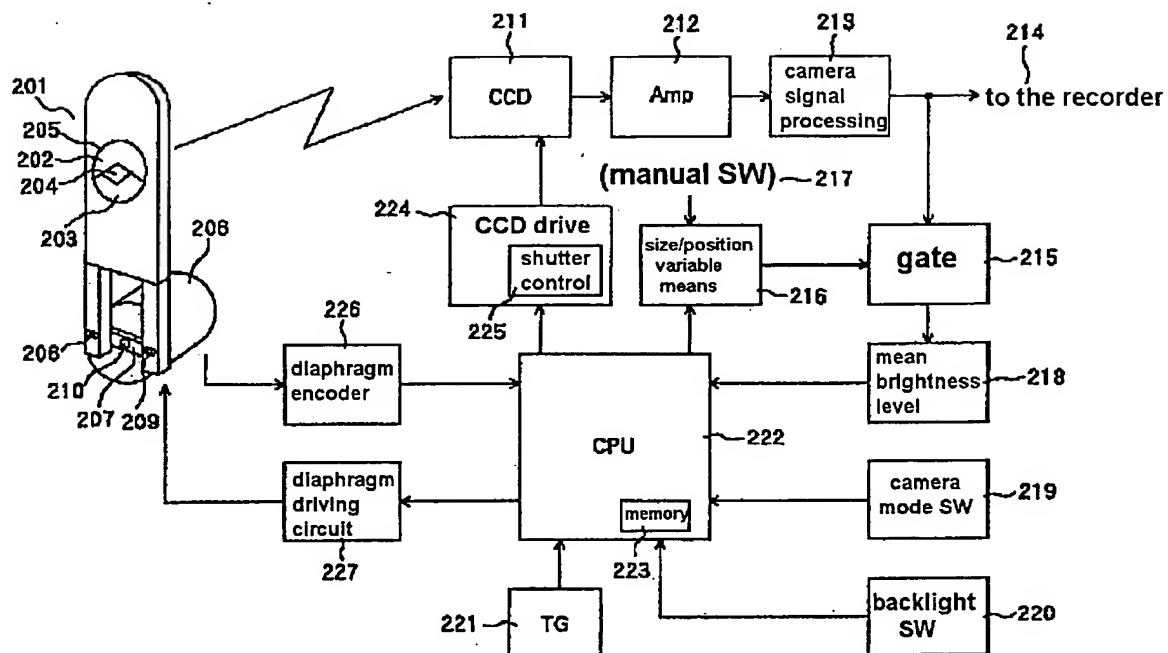


Fig.14

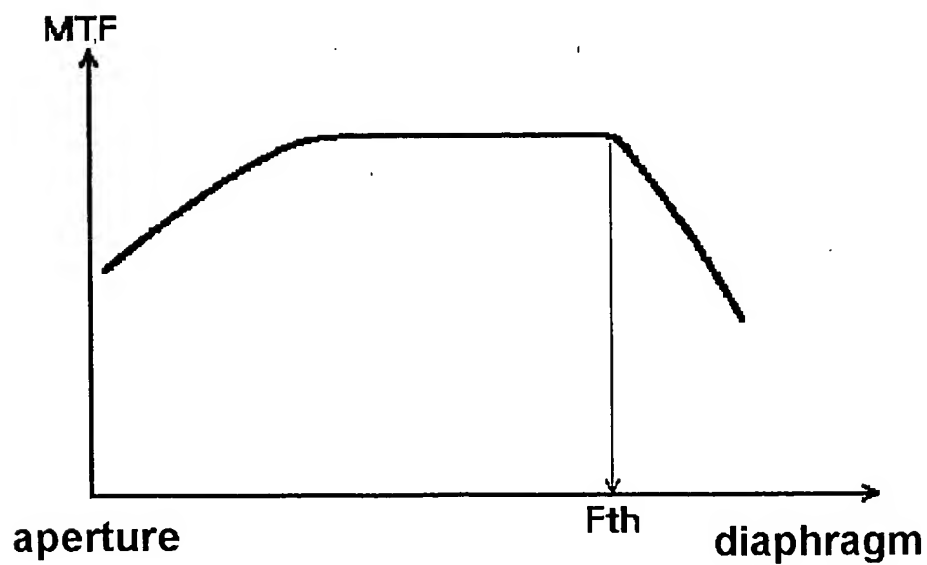


Fig.15

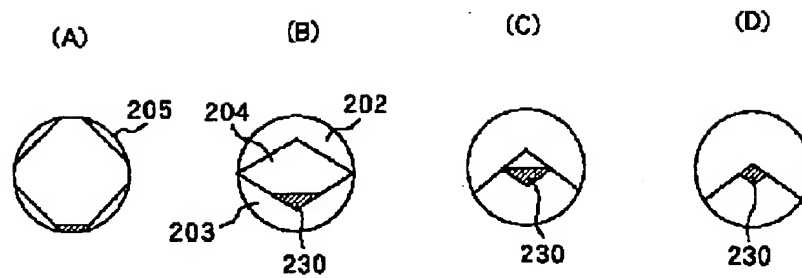


Fig.16

